合歡山台灣冷杉永久樣區之植群分析

計畫主持人：張惠珠
研究助理：古心蘭

內政部營建署太魯閣國家公園管理處
國立花蓮師範學院 合作研究計畫

民國八十八年八月

摘　　要

台灣冷杉（*Abies kawakamii* (Hay.)Ito）屬裸子植物門、松科、冷杉屬之植物，為台灣特有種分佈於海拔約 2,400-3,900 公尺之高山，是臺灣海拔最高的大面積純林。本研究係根據前人的方法，利用胸高直徑及樹高等數據探討冷杉林與草生地推移帶（ecotone）間的動態結構。

初步的分析結果除了對合歡山台灣冷杉永久樣區內植被狀況加以描述之外，還得到一樹徑級結構比例變化，顯示此林分有自我疏伐的現象，而由 1992 年之苗木建立期進入 1998 年自我疏伐期。由樹徑與平均樹高的分析，可得出樹徑級 3-21cm 之平均樹高隨著樹徑級的增加而平緩增高。樹齡結構之分析是分析 25 棵樣木的樹齡與樹徑與樹高之關係，其結果顯示樹齡與樹徑及樹高有指數之關係。在冷杉林與箭竹草生地之推移帶的動態結構分析中，利用樣木的位置與樹徑級的關係證明冷杉林分向高海拔推移是一次階段性的長距離建立。最後分析 20 個 10X10 平方公尺樣區的密度與優勢度，顯示推移帶之密度與優勢度未來有與原生林相同之趨勢。

合歡山台灣冷杉永久樣區之植群分析

目　　錄

壹、前言

貳、文獻回顧

參、研究區域環境概述

肆、研究方法

　　一、永久樣區的劃設

　　二、調查資料的分析

伍、結果

陸、討論

柒、謝誌

捌、參考文獻

附錄

附錄一、合歡山台灣冷杉永久樣區之冷杉樣木位置圖

附錄二、合歡山台灣冷杉永久樣區木本植物基本測量資料

壹、前言

台灣冷杉（*Abies kawakamii* (Hay.)Ito）為台灣特有種裸子植物，俗稱白松，因灰白色樹皮而得名，為常綠喬木，分佈於海拔約 2,400-3,900 公尺之高山，北起太平山、南湖大山以迄卑南主山，形成臺灣海拔最高的大面積純林；在柳榗 1968 年所做的「臺灣植物群落分類之研究 I 臺灣植物群系之分類」中將其歸於亞高山針葉樹林群系。

在本省某些地區之冷杉林與箭竹草生地毗鄰生長，兩種植生之間有互相演替的趨勢（王忠魁，1974），相關的研究有邱欽堂（1931）、森邦彥（1937）利用胸高直徑及樹高等數據推估該群落之樹齡分佈、生長量或林分更新，劉業經等（1984）、賴國祥（1992）則利用年輪及苗木建立來探討冷杉林與草生地推移帶（ecotone）間的動態結構。

由於太魯閣國家公園內有大面積的台灣冷杉林，但前人的研究大多著重在大尺度的綜觀全省台灣冷杉概況，區域性的小尺度研究較少，為了讓國家公園在經營管理上能有區域性冷杉林的生態資料可供參考，所以著手研究國家公園區內之台灣冷杉。在觀察全區台灣冷杉的分佈後，決定選擇具代表性及可達性高的合歡山台灣冷杉永久樣區進行相關研究。此樣區為張惠珠與楊遠波博士於 1992 年所畫設，包含了冷杉純林、箭竹草生地及冷杉林與草生地間之推移帶。

永久樣區之設置，為在同一塊基地上進行長期之監測調查，以瞭解植物社會之變遷與環境之關係，以作為永續經營的參考。因此，本研究的目的為做台灣冷杉永久樣區之追蹤調查，除了分析 1998 年之植群現況之外，並利用 1992 年之基本的胸高直徑及樹高等數據資料與 1998 年之冷杉林植群現況做一比對，探討冷杉林的植群動態結構，盼能由此階段性的結果，給予未來合歡山台灣冷杉永久樣區一個長期研究的參考。

貳、文獻回顧

台灣冷杉（*Abies kawakamii* (Hay.)Ito）最早的標本採集記錄是由日本學者本多靜六於 1896 年 11 月在玉山東峰所採獲。早田文藏原認為其與日本南部之 *Abies mariesii* 為同種，但於 1908 年修訂為變種，1909 年 Ito 氏確立其為台灣特有種。

台灣冷杉分佈於台灣高海拔山區 2,400-3,900 公尺，常形成純林，相關的研究課題包括早期（20、30 年代）日本學者在植被調查、林型分佈、生態記錄及為了經營林業而有林分的詳細調查及生態研究；後期的台灣學者（50 年代至今）則有冷杉林型及族群演替過程的研究，亦有相關的分類地位及生理生態之研究，而本文著重在冷杉林植群方面的分析研究，故將前人所做有關這方面的結果作簡明的闡述。

邱欽堂在 1931 年於玉山東峰、荖濃溪上游海拔 3,350 公尺處設一面積約 0.299 公頃之樣區，測量胸徑 10 公分以上林木共 295 株之胸高直徑、樹高及平均密度，換算出平均每 10.1 平方公尺有一株冷杉、每木平均距離為 3 公尺。取三株樹齡分別為 126 年（胸徑 15.2 公分，樹高 10.4 公尺）、130 年（胸徑 31.1 公分，樹高 14.3 公尺）及 350 年（胸徑 49 公分，樹高 19 公尺）的標準木估算材積，並製作了「台灣冷杉直徑級（每 3 公分為一級）及樹高級別（每 2 公尺為一級）分配表」來分析此林分之樹徑級結構與空間結構，調查結果為此冷杉林分之樹徑級為反 J 型結構，在枯倒木之處有幼、壯木生長，接近穩定極相森林（climax）。

森邦彥於 1937 年在雪山對 6 個不同生育地進行台灣冷杉林天然更新狀態的觀察，並記錄比較林下物種，其中 5 個樣區為陰濕的苔蘚型岩生坡地（坡向東或東北），另 1 個樣區則為西南向林下明亮之陽坡，其調查結果顯示，冷杉林應存有孔隙更新且苔蘚保有水分的功能使冷杉種子易於發芽及生長，故苔蘚的有無與冷杉更新應有密切關係。

柳榗、葛錦昭、楊炳炎於 1961 年整理 1953 及 1954 年間台灣主要林型的調查數據，敘述各林型組成與植物社會的演進，更新問題方面，其認為冷杉為一陽性樹種，由林下的玉山箭竹群落可知林地土壤之差別，而火災為促進冷杉

林保續之原因，除非原有冷杉老死或火災破壞而形成無林木地，否則無法更新。

1984 年劉業經、呂福原、歐辰雄、賴國祥論述臺灣高山箭竹草生地之植物演替與競爭機制，認為推移帶中的箭竹草原有利於林緣之冷杉種子發芽及苗木建立，此與土壤表面之水分含量、庇蔭有關。而台灣冷杉的推移並非年年發生，其有間斷期，可能受眾多因子如氣候條件、立地狀況、種子生產量的影響，必須在各方面皆有利時，台灣冷杉林才能向高海拔推移，於草生地形成推移帶，劉業經等並計算冷杉林向草生地推移的速率，在理想狀況或無火災再度干擾下，平均每年移動約 0.2 公尺。

賴國祥於 1992 年發表的博士論文研究冷杉林與箭竹草生地推移帶之動態結構及冷杉種子的萌發，他舉國外的研究例子來推論表土水分為種子發芽之主因，高溫及乾旱則影響苗木成活之限制因子，而蔽蔭為存活之主要條件，故玉山箭竹覆蓋似為冷杉保水且免受日灼危害有利於苗木之成活。關於臺灣亞高山針葉樹林與草生地推移帶間的演替情形，其認為台灣冷杉林向高海拔推移的模式為階段性的，每次推移距離約 9 公尺，每次推移之間隔平均長達 36 年，所以每百年約可推移約 30 公尺，但調查結果僅 19 公尺，顯示有火燒中斷冷杉林的推移，在苗木尚未成熟之前火燒即開始，即火燒間隔尚不足以讓冷杉苗木長成耐火燒之大樹，致使冷杉林退回林緣。

1997 年陳玉峰發表的「台灣冷杉生態研究系列（II）：生態觀察與天然更新」一文中提到他在從向陽山往東台首嶽新康山途中，位於連理山及新仙山稜線上找到正處老枯木倒地但未完全腐蝕或倒塌後不久的地區，可以做冷杉林內更新的調查。他合計調查了 5 個樣區，其林型包括了從鐵杉、雲杉交會及冷杉分佈下限地開始，經冷杉、鐵杉混生交會帶，至鐵杉分佈上限的冷杉帶。根據調查所得之數據分析，陳玉峰對冷杉純林更新中林分做了某些推論：根據森邦彥（1937）的研究將冷杉林分為玉山箭竹型、岩生苔蘚型（岩生陰坡型）及岩生陽坡型，三大冷杉林類型中，不論是玉山箭竹型或岩生苔蘚型天然更新皆穩定，但仍須看環境因子的狀況如孔隙的有無、下種時機等而定，故在描述冷杉林天然更新的狀況時與闊葉林不同，必須用較寬的樹徑組級（10 公分）來分析計算，才能得到反 J 型的結構，否則會有某些樹徑組級缺乏樣木的分佈而出現

斷代，這是因為許多老木一齊（或同一段時期）死亡，引發較大規模的更新，再進行自我疏伐，因而長成壯齡木之際，整齊的好像人工林而沒有幼樹與成熟樹共存的情形。

1998 年莊貴瑜利用冷杉的年輪來探討其與箭竹草原推移帶之結構，發現冷杉的分佈從 0-15 公尺的林緣為幼樹（樹齡 35 年以下）至 15 公尺以後的林內為樹齡激增的老樹（樹齡 100 年以上），在與徐國士 1997 年的「全球氣候變遷之樹木年輪指標」所做的研究結果加以比對，認為樹齡 35 以下的苗木大量出現是因為 1960 年全球暖期開始，使冷杉林緣又開始往草生地移動。此結果並與與賴國祥（1992）對台灣冷杉與箭竹草生地推移帶苗木建立所做的推論類似，其推算出台灣冷杉推移間隔平均約 36 年，一次推移距離為 9-18 公尺。

另外，1998 年中興大學森林學系李旻旻應用數值地形模型資料來探討合歡山地區台灣冷杉空間分佈的特性，其結果顯示台灣冷杉於合歡山區之分佈海拔為 2,265 公尺-3,493 公尺，但集中在 2,800-3,200 公尺之間，約佔 85%；在坡度方面，約有 81%的冷杉落於坡度 21^0-40^0 之間，55^0 為冷杉主要分佈上限；坡向方面影響不顯著，冷杉在各坡向近似平均分佈。

參、研究區域環境概述

本研究區域為太魯閣公園台灣冷杉林永久樣區，位於合歡山區，中橫霧社支線（即台十四甲公路）35.5K 處右側，小風口的上方，約在東經 $121^0$16’27”，北緯 $24^0$9’50”附近，海拔高度 3,080 公尺之東向坡，平均坡度為 35 度，樣區面積約 2,000 平方公尺（40X50 平方公尺），相關位置圖如圖 1。

中央山脈主脊在畢祿山南方受立霧溪上源（塔次基里溪）的向源侵蝕而向西偏折迴繞半圈，經合歡東峰在轉回奇萊連峰，合歡群峰便是位在這個轉折處，其不僅受到溯蘭陽溪谷而上的氣流衝擊，還有另一股飽含水分的氣流由太平洋沿著立霧溪谷上升，這兩道氣流在合歡山區彙集，形成豐富的地形雨。冬季含有大量水氣的東北季風受陡峭的地形攔阻而攀升至合歡山區，由於上高度達 3,500 公尺溫度據降，遇有寒流極易造成降雪，屬寒帶重濕型氣候。本地區積雪時間長 3.4 個月，約自 12 月下旬至一年 2.3 月間，積雪大部份集中於昆陽至小風口間，而本研究區域在小風口正上方，故冬季常積雪盈尺。

合歡山區年雨量可達 3,500 公釐，1、11 及 12 月降雨量較少，最高月降雨量為 932 公釐，全年降水日數達 155 天；年均溫為 5.5^0C，平均最高氣溫為 7、8 月間的 10^0C，平均最低溫為 1、2 月間的-1^0C，晝夜溫差大；濕度在 80%左右；平均風速為 4 公尺/秒（1992-1997 中央氣象局氣候資料年報）。

合歡山的冷杉林土壤發育自崩積頁岩屑及頁岩母質，森林土壤性酸，pH 值在表土為 4.34，隨土層增加而升至 5.52。剖面的鹽機飽和度均低（<20%）。土層依序發育，表土約 18 公分有明顯的有機物堆積（暗化作用 melanization）發育成暗表層；B 層約 10 公分為轉化層；60 公分以下則為大量母岩。此外上有鬆化作用（loosening），使土壤容積密度下降，便利排水，有利氧化作用進行，此結果與箭竹草原土壤並不相同，箭竹草原土壤只有在 35 公分以內有鬆化作用，這點可能說明深根性的樹木與淺根性的草生植物對土壤發育有明顯不同的影響。依美國土壤分類系統的土族分類級，合歡山台灣冷杉林土壤的性質為細黏性，伊來石的，寒冷的（土壤溫度低於 8^0C 為 7.7^0C）典型薄層暗始成土（金恆鑣等，1991 年）。

圖 1 合歡山台灣冷杉永久樣區位置圖。冷杉分佈之資料來源：李旻旻，1998。

肆、研究方法

本研究的執行方式為對永久樣區內做每木調查，測量胸高直徑及樹高，利用的工具為軟鐵尺與樹高測量尺（12m）；樹齡的測量方面則是用生長錐取得鉆蕊進行定年。在 1992 年永久樣區設置時，已有每木的相關位置圖及基本胸高直徑與樹高數據，故本報告將兩次調查的數據進行分析比對，以瞭解樣區內台灣冷杉植群的變化。

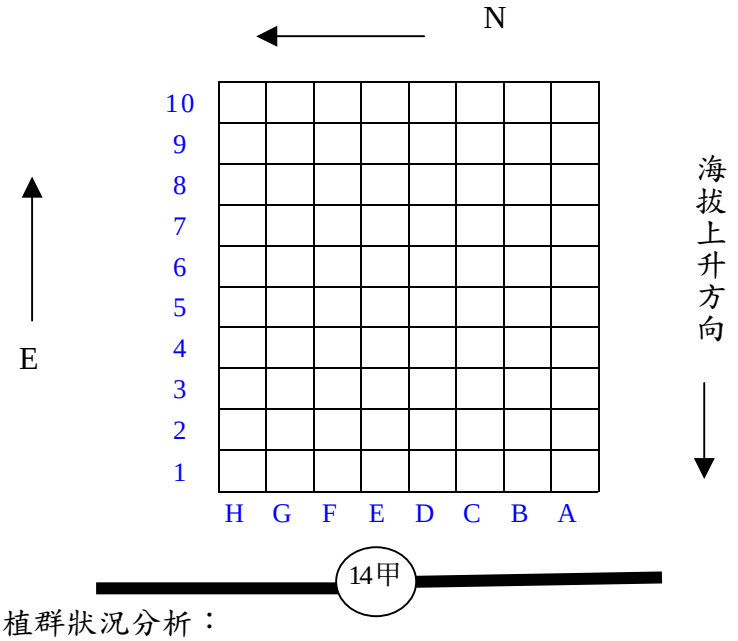
一、 永久樣區的劃設

為研究台灣冷杉與玉山箭竹草原間推移帶之動態必須選擇一具代表性及可達性高的研究地區，在觀察合歡山區的冷杉林分之後，認為中橫霧社支線（即台十四甲公路）35.5 公里處右側，小風口的上方為一之頗為適宜的林分，故在距離公路 50 公尺處，劃設一 40X50 平方公尺的長方形樣區，在樣區內再細分為 80 個 5X5 平方公尺的小樣區（A1-H10）以方便調查及數據分析，其中 40 公尺之界線為南北向，由南到北分成 A-H 區，50 公尺界線為東西向，由西到東分成 1-10 區，如圖 2 所示。本樣區包含台灣冷杉純林、冷杉林與玉山箭竹之推移帶及玉山箭竹草原。

二、 調查資料的分析

由於永久樣區包含了台灣冷杉純林、冷杉林與玉山箭竹之推移帶及玉山箭竹草原，並不是一個均質的樣區，所以在分析時，將調查資料分成兩部份進行分析，一為整個永久樣區（40X50 平方公尺）的資料分析，另一部份則將永久樣區劃分成 20 個 10X10 平方公尺的樣區，即 4 個 5X5 平方公尺的小樣區併成 1 個 10X10 平方公尺的樣區，使合併的樣區均質化。將現況資料的分析結果與 1992 年做一比對，以瞭解此冷杉林分的植群狀況的動態變化。

整個永久樣區（40X50 平方公尺）的資料分析方面，包括樣區內重要樹種之植被狀況如相對密度及相對優勢度；其次由年齡結構圖中幼樹及青壯樹的比例變化來預測此林分未來的發展趨勢或演替階段；由樹徑與樹高的關係可得知各齡級樹之生長狀況；再者，是冷杉林往箭竹草生地推移行為之分析，由各齡級樹的分佈來分析台灣冷杉林緣推移帶之動態結構；最後是利用樹齡來分析樹徑與樹齡的關係；10X10 平方公尺樣區的資料分析方面，則是比較各樣區內冷杉的密度及優勢度，來定義出永久樣區中之草生地、冷杉推移帶（冷杉建造林）及冷杉成熟林。



（一）植群狀況分析：

圖 2 合歡山台灣冷杉永久樣區圖

相對密度：各植種株數/總株數

相對優勢度：各植種的胸高斷面積和/植種的胸高斷面積總和

（二）樹徑級結構分析：

由於樣區內幼苗與成樹均有分佈，若用寬的樹徑組級（10 公分）來分析會使幼苗的生長狀況不顯著而不容易分析，故依照邱欽堂（1931）之分析方法，將胸高直徑每 3 公分做為一樹徑級，再根據每徑級所得到的株數製作樹徑級結構表與樹徑級結構圖。

比較 1992 年與 1998 年各徑級冷杉的株數，依株數的比例變化來判定目前此林分的演替階段。

（三）樹徑與樹高關係的分析：

根據「直徑級及樹高級別株數分配表」，將樹徑以每 3 公分 、樹高以每 2 公尺分為一級，製作直徑級與樹高級別株數分配表，分析樹徑與平均樹高的關係來推估冷杉的生長狀況。

（四）樹齡結構之分析：

在樣區內沿東西向的樣線選取 3 條穿越線及非穿越線之老齡樹鑽取鑽蕊，每棵樹鑽 2 個鑽蕊，通過穿越線胸高直徑大於 10 公分者才測量，共測量 20 棵樣木。將得到之結果出分析此林分之年齡組成及探討樹齡與樹徑及樹高的關係。

（五）冷杉林與箭竹草生地之推移帶的動態結構分析：

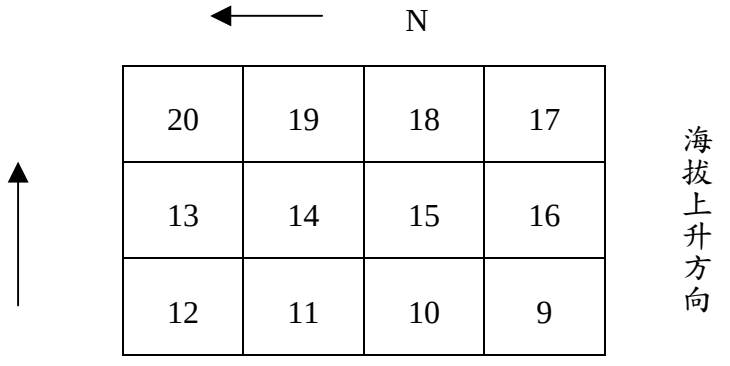
將原來之小徑級（3 公分）結構改變成較大寬度之徑級結構，各徑級植株即為此冷杉林分在各階段之時間序列所建立的植株，再將各徑級植株對照樣區內樣木的位置，如此可得出此冷杉林分各階段所建立的植

株位置，即此冷杉林分過去的空間分佈序列模式，分析此空間分佈序列模式可看出本樣區冷杉往高海拔草生地移動之距離。

通常較寬大之徑級結構是以 10 公分為一徑級，但為方便計算，故將較寬大之徑級依原徑級 3 公分為一單位加大至接近 10 公分為一單位，但在徑級 18 公分之後的徑級冷杉株數不足，故不依照固定的單位為一徑級，而分成 18-30 公分及 30 公分以上 2 種徑級，以 30 公分為分界是依據年輪之研究結果顯示其為老齡樹，為形成推移帶之最早的母樹群。將此林分之徑級分成 0-9 公分、9-18 公分、18-30 公分、30 公分以上 4 種徑級後，依此 4 種徑級的立木位置分析此樣區冷杉林分過去的空間分佈序列模式，以得出本樣區冷杉往高海拔草生地移動之距離。

（六）10X10 平方公尺樣區的冷杉密度與優勢度分析

10X10 平方公尺樣區的編號如圖 3，計算 20 個樣區之冷杉密度與優勢度，以定義出永久樣區中之草生地、冷杉推移帶及冷杉成熟林，並比較冷杉推移帶及冷杉成熟林之密度與優勢度，以推估未來推移帶之生長狀況。



E

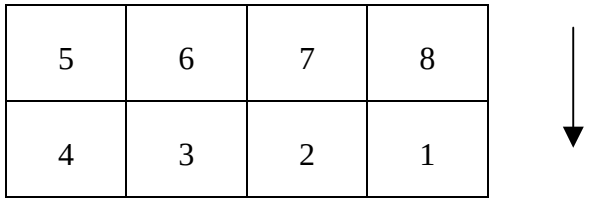


圖 3 永久樣區之 10X10 平方公尺樣區編號圖。1 個 10X10 平方公尺樣區是將 4 個 5X5 平方公尺小樣區合併而成。

伍、結果

分析 1998 年之胸高直徑與樹高等數據，可以瞭解此永久樣區台灣冷杉林分的現況，如植群狀況、樹徑級結構、樹徑與樹高的關係、向高海拔草生地的移動行為及樹齡與樹徑之關係，而 10X10 平方公尺樣區的冷杉密度與優勢度分析，則可得知永久樣區中之草生地、冷杉推移帶及冷杉純林的差異。將現況與 1992 年之結果加以比對，以得出此冷杉永久樣區之植群狀況的動態結構。

一、 植群結構

樣區內植群之垂直結構之第一層為台灣冷杉（樹高 15 公尺以上），第二層主要為台灣冷杉（樹高 0-15 公尺）及玉山箭竹，地被層僅有少量錫杖花及蕨類。

水平結構有三類植群，從海拔低到高依次為冷杉純林、冷杉林與箭竹草原之推移帶及箭竹草原。冷杉純林內植種簡單，伴生台灣鐵杉、台灣刺柏、玉山杜鵑、巒大花秋及厚葉柃木等灌木，在推移帶，即冷杉林緣與箭竹草原相接處伴生有玉山圓柏、台灣刺柏、玉山薔薇、高山薔薇、紅毛杜鵑、呂宋莢迷、苗栗冬青、虎杖等灌木；箭竹草原則伴生有厚唇粉蝶蘭、地刷子、台灣黃苑、芒髮草、一枝黃花、地楊梅、玉山懸鉤子、阿里山龍膽、玉山龍膽、台灣龍膽、台灣粉條兒菜、巒大當藥、高山白株樹、台灣藜蘆、玉山石竹、褐毛柳、白花香清等草本植物。

樣區內各樹種之相對密度及相對優勢度如表 1 所示，其中台灣冷杉 1992 年的相對密度為 89.3%、相對優勢度為 98.1%，1998 年的相對密度為 88%、相對優勢度為 96.7%，如此高的相對密度及相對優勢度顯示此林分中主要優勢樹種為台灣冷杉，其他樹種如台灣鐵杉、玉山杜鵑、巒大花楸、厚葉柃木及台灣刺柏等之相對密度及相對優勢度偏低。

比較 1992 年與 1998 年各樹種之相對密度及相對優勢度，此林分之樹種組成及優勢樹種都沒有變化，可知目前此林分仍為穩定之台灣冷杉純林，未被其他樹種所取代。

表 1 永久樣區內各樹種之相對密度及相對優勢度表

植種名稱	株數（棵）		相對密度（%）		相對優勢度（%）	
	92 年	98 年	92 年	98 年	92 年	98 年
台灣冷杉	434	383	89.3	88.0	98.1	96.7
台灣鐵杉	32	33	6.6	7.6	1.6	2.8
玉山杜鵑	12	11	2.5	2.5	0.2	0.3
巒大花楸	5	4	1.0	0.9	0.1	0.2
厚葉柃木	2	2	0.4	0.5	0.0	0.0
台灣刺柏	1	2	0.2	0.5	0.0	0.0
總數	486	435	100	100	100	100

二、樹徑級結構分析

根據表 2 及圖 4 的樹徑級結構分析，1992 年各徑級的數量沒有隨徑級之加大緩慢減少，樹徑結構為幼苗數量繁盛之強勢發展的反 J 型結構。1998 年徑級 3-6 公分之植株比 1992 年約減少了一半，徑級 9-24 公分則約增加了一半，而徑級 27 公分以上之各徑級植株均很少，故合併分析，結果顯示 1998 年與 1992 年之株數沒有什麼變化。

6 年間，樣區內死亡的冷杉有 58 棵，死亡率為 13.4%，死亡的植株中徑級 3-6 公分有 56 棵，佔原有幼苗 264 棵的 21%（即幼齡樹死亡率為 21%）；樣區內新生的幼苗僅有 7 棵，如圖 5 所示。由此數據來看，幼苗的大量死亡及少量新生，顯示此林分已從苗木建立進入了自我疏伐的演替階段。

由圖 6 冷杉樣木與樣區邊線之距離及樹徑關係圖，可知各徑級植株在永久樣區內的分佈情形，其顯示各徑級並非隨機分佈在樣區內，而是分成 3 個集中的部份，樹徑 30 公分以下的植株數量多且集中在靠近林緣處，距樣區 30-35 公尺處則分佈的植株樹徑從 0-80 公分均有，而距樣區邊線 35-50 公尺處則即多為胸徑 30 公分以上的植株，其數量少集中在離林緣較遠處。

三、樹徑與樹高關係的分析

運用直徑級及樹高級別株數分配表分析各徑級樹之樹徑與平均樹高的關係，可估計各徑級樹之樹高及冷杉之生長狀況，結果如圖 7 及表 3、表 4 所示，徑級 3-21 公分之平均樹高隨著樹徑級的加大平緩增加，顯示此階段植株之生長著重在樹徑的加寬。而徑級 24-102 公分之各徑級株數太少，所以合併徑級 24-39 公分及 42-102 公分之植株，使得樹高在此兩種徑級遽增。1992 年與 1998 年各徑級樹之樹徑與平均樹高的關係相似，但有一些樹高超過 10 公尺的植株樹頂有折斷的情形，所以反而比 1992 年矮。

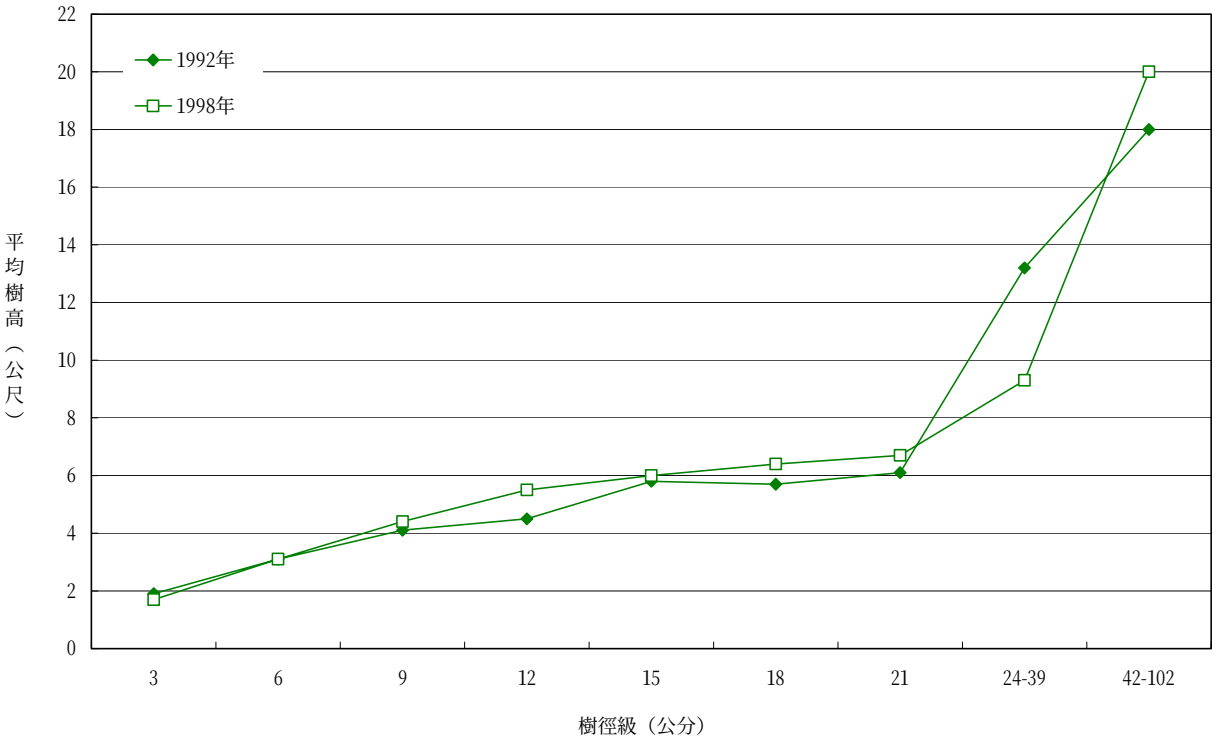


圖 7 1992 年與 1998 年台灣冷杉樹徑級與平均樹高關係比較圖。徑級 3-21 公分之平

著 樹 徑 級 的 加 大 平 緩 增 加 ， Á] □ 刈 ¿ □ □

豹 豹 □

表 :

株數（棵）		樹高級（公尺）												合計	平均樹高
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	
直徑級	3	89	38												127	1.9
	6	3	127	7											178	3.1

（公分）	9		30	36											66	4.1
	12		6	29	1										37	4.5
	15			16	5		1								21	5.8
	18			8	3										11	5.7
	21			3	2										5	6.1
	24-39				2	1	3	1		4					11	13.2
	42-102							3	2	6	3	1		2	17	18
合計		92	201	99	13	1	4	4	2	10	3	1	0	2	432	

表 4 1998 年台灣冷杉樹徑級與樹高級別分配表

株數（棵）		樹高級（公尺）													合計	平均樹高
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26		
直徑級（公分）	3	37	14												48	1.7
	6	4	81	6											91	3.1
	9		24	47	3										74	4.4
	12		1	46	12										59	5.5
	15	2		14	23										39	6
	18		1	2	13										16	6.4
	21			4	14										18	6.7
	24-39			1	4	5	2	1							13	10
	42-102							1	4	1	4	10	1	2	23	20
合計		43	121	120	69	5	2	2	4	1	4	10	1	2	384	

四、樹齡結構之分析

表 5 為將測量結果加上莊貴瑜與本樣區重疊的數據資料共 25 棵樣木，顯示此林分之樹齡集中在 0-50 年佔 11 棵及 150-250 年佔 9 棵。樹齡與樹徑及樹高的關係如圖 8 及圖 9。結果顯示樹徑 30 公分以下者年齡在 50 年以下；樹徑 31-40 公分者年齡 75-175 年；樹徑 50-60 公分者大約為 175-225 年：徑級 60 公分以上者之年齡則超過 200 年。

表 5 永久樣區台灣冷杉之樹齡與樹徑及樹高關係表

	編號	樹齡	樹徑	樹高
穿越線I	13	14	13.4	5.2
	252	22	12.7	7.1
	389	18	11.1	5.0
	396	29	13.4	5.3
	H10	187	40.1	13.5
穿越線II	23	19	9.7	6.1
	219	18	9.2	5.8
	312	18	11.8	6.7
	402	42	22.9	7.3
	G9II	204	64.0	19.0
	411	208	53.2	21.0
	HG	280	79.0	21.0
穿越線III	68	26	21.7	8.2
	82	20	10.8	6.0
	366	22	10.1	6.5
非穿越線	G9I	183	57.0	21.0
	410	213	50.2	22.0
	404	172	52.5	21.0
	E9	239	100.0	25.0
	E8	133	31.2	12.3
	376	215	76.4	21.0
	340	72	32.0	9.4
	374	92	45.1	16.0
	D8	187	75.2	25.0
	349	139	39.5	15.0

五、冷杉林與箭竹草生地之推移帶的動態結構分析

經由圖 6 可知冷杉各徑級的分佈有集中的現象，進一步對照各徑級的立木位置，顯示樣區內冷杉的分佈情形為幼、青、壯齡級植株集中在距林緣 15 公尺以內，其中幼齡及青齡級木佔多數，15-20 公尺則只有少數青壯齡樹分佈，20 公尺以後則為胸高直徑大於 40 公分之老齡樹。顯示老齡樹與幼齡樹間的分佈間缺少青壯齡木，有明顯的斷層。

若把徑級分成 0-9 公分、9-18 公分、18-30 公分、30 公分以上，依此四種徑級的立木位置分析，可看出此樣區冷杉林分過去的空間分佈序列模式，即徑級 30 公分以上為第一階段所建立的植株，徑級 18-30 公分為第二階段所建立之植株，徑級 9-18 公分為第三階段所建立之植株，而徑級 0-9 公分為第四階段即最近期所建立之植株。其中第一階段所建立的植株應為第二階段植株之母樹，其位置如圖 10 所示，其中 30 公分以上老齡樹的分佈集中在 A7-H10 區，徑級 18-30 公分冷杉的分佈，集中在靠近老齡樹及林緣，顯示在此冷杉林分開始拓殖之初，種子均掉落在離母樹 20 公尺之內，而第三及第四階段所建立的植株並未超出 20 公尺之範圍內，即林緣並沒有移動，此結果顯示冷杉林分向高海拔推移是「一次階段性的長距離建立苗木」。此結果與劉業經等（1984）、賴國祥（1992）及陳玉峰（1997）所推之結果相符，即冷杉林分在經過一次長距離推移之後，必須待所建立之幼木長成或改善利地環境後及其他環境因子的配合才能再次進行往高海拔遷移。

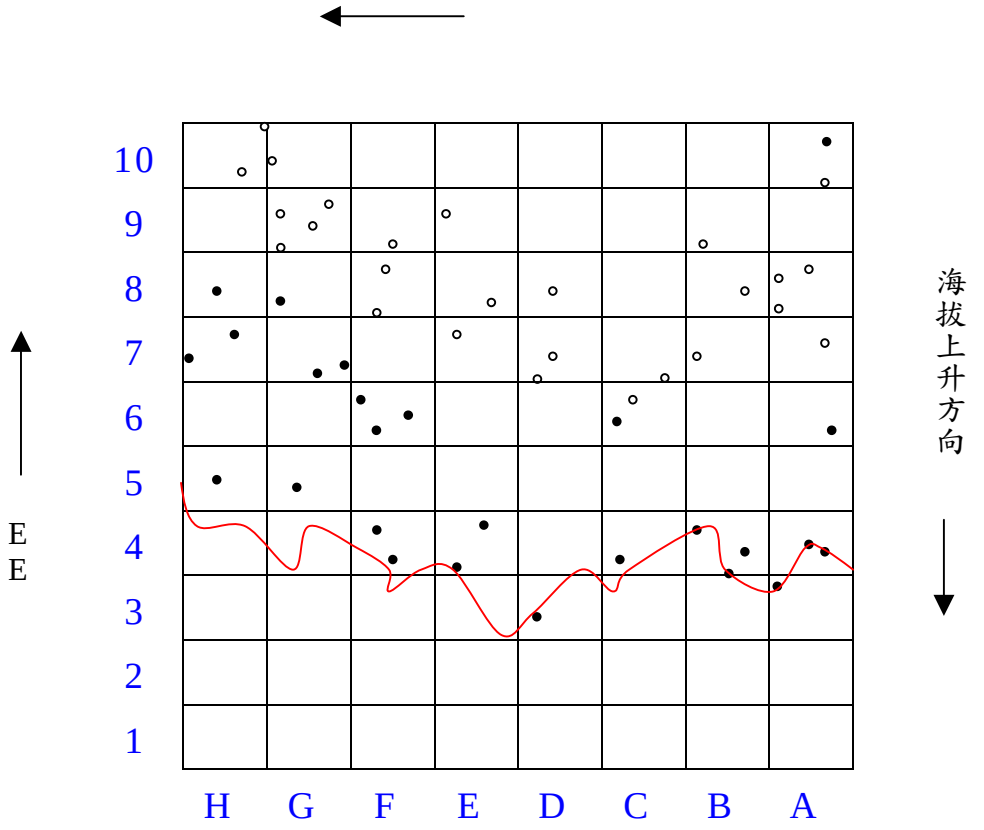


圖 10 台灣冷杉徑級 30 公分以上及 18-30 公分之冷杉分佈圖。

○為徑級 30 公分以上植株的分佈，集中在集中在 A7-H10 區；

● 為徑級 18-30 公分冷杉的分佈，集中在靠近老齡樹及林緣；

⎯為林緣的界線

六、10X10 平方公尺樣區的冷杉密度與優勢度分析

分別計算 20 個 10X10 平方公尺樣區之密度（棵/平方公尺）及優勢度（平方公分），如表 6 及表 7，將結果繪製成圖 11、圖 12，由圖可以很明顯的歸納出 3 種情形：密度低但優勢度高、密度高但優勢度低及密度與優勢度均低者。依照此結果，將永久樣區劃分為 3 種植群帶，如圖 13：■ 區域為密度低但優勢度高，定義為冷杉成熟林；▒ 區域為密度高但優勢度低，定義為推移帶，即為冷杉建造林；□ 區域為密度與優勢度均低者，定義為草生地。

表 6 1992 年 10X10 平方公尺樣區之冷杉密度與優勢度表

樣區編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
密度（棵/m^2）	0	0	0	0.1	0.15	0.3	0.14	0.18	0.61	0.43
優勢度（cm^2）	0	0	0	0	623.4	1924.8	805.8	884.4	1771.9	3060.4

樣區編號	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
密度（棵/m^2）	0.77	1.18	0.21	0.08	0.04	0.08	0.03	0	0.03	0.07
優勢度（cm^2）	3330.4	3197.3	2521	14171.8	7086.4	9289.8	11074.2	0	9972.6	15688.3

表 7 1998 年 10X10 平方公尺樣區之冷杉密度與優勢度表

樣區編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
密度（棵/m^2）	0	0	0	0.01	0.15	0.31	0.14	0.19	0.58	0.42
優勢度（cm^2）	0	0	0	18.1	1424.4	3679.9	1869.3	2298.3	3259.5	4254

樣區編號	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
密度（棵/m^2）	0.65	0.86	0.19	0.06	0.05	0.08	0.03	0	0.04	0.07
優勢度（cm^2）	4964.8	5435.2	3373.6	12029.8	8081.9	11962.7	11418.1	0	9972.6	17716.9

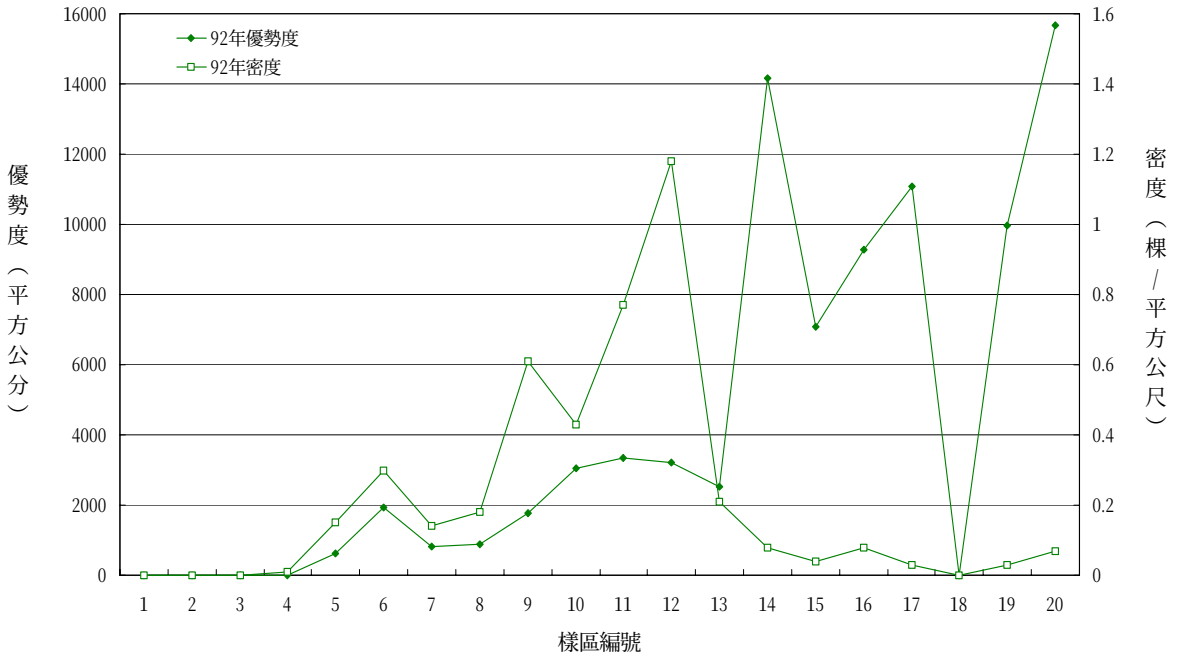


圖11 1992年台灣冷杉永久樣區之密度與優勢度關係圖

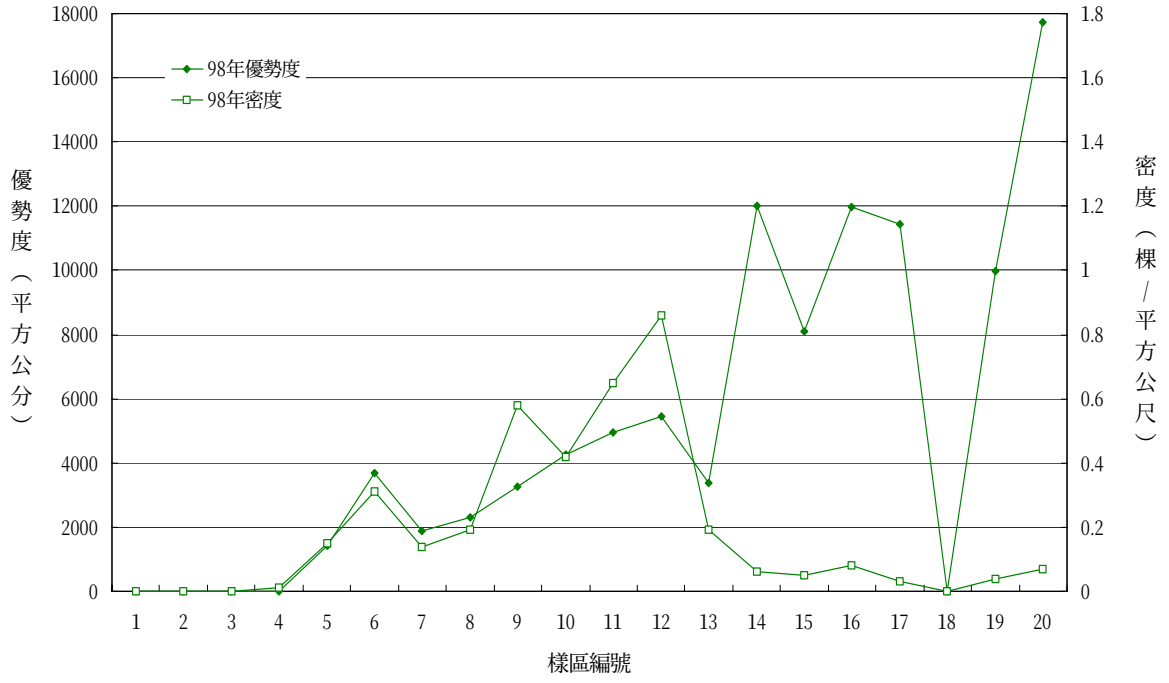


圖12 1998年永久樣區台灣冷杉之密度與優勢度關係圖

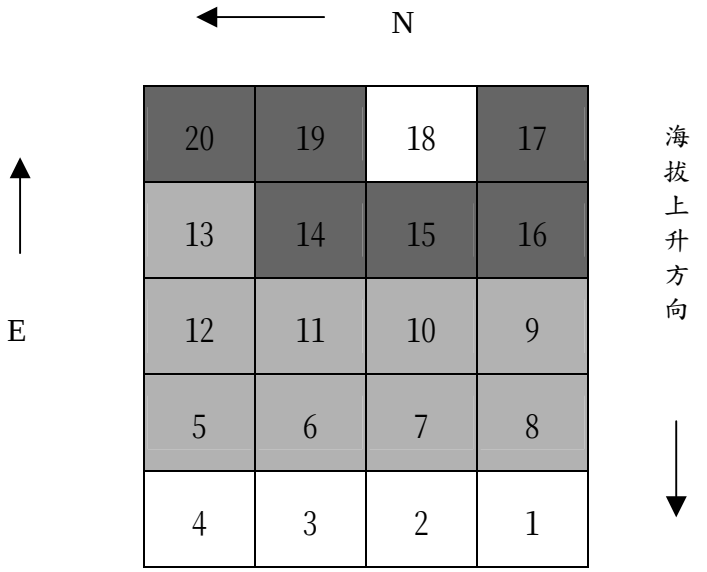


圖 13 永久樣區冷杉成熟林、推移帶及草生地位置示意圖。

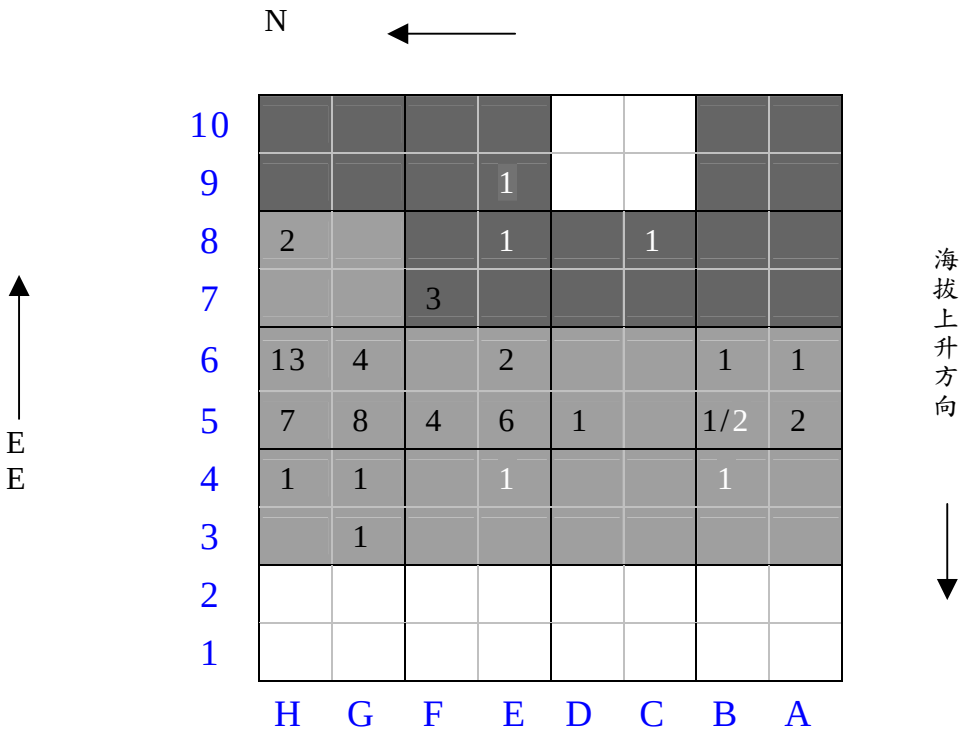


圖 14 永久樣區冷杉成熟林、推移帶及草生地位置與冷杉死亡與幼苗株數分佈疊合圖。死亡的株數多集中在推移帶。

由圖 11 及 12 中可看出推移帶中的密度與優勢度有程度上的不同，樣區 9、10、11、12 之密度與優勢度比樣區 5、6、7、8、13 高，再與圖 4 冷杉死亡與幼苗株數分佈圖疊合如圖 14，發現死亡的株數集中在推移帶，顯示建造期中的林分生長狀況並不穩定，而樣區 4 及 13 屬於過渡帶，所以植群狀況與所屬區域有明顯差異，另外樣區邊線再往低海拔方向仍是冷杉成熟林，所以樣區 18 為成熟林分的孔隙而成為箭竹林地，其箭竹高達 4 公尺，與箭竹草生地明顯不同。

整個永久樣區雖然推移帶冷杉株數多，但原生林之相對優勢度高，顯示在原生林此林分佔的重要性高。隨著時間演進，推移帶與原生林的相對優勢度會趨於平衡，如表 8 所示。再進一步詳細比較原生林與推移帶之密度，可知未來推移帶內冷杉密度會降低到 0.1 棵/平方公尺以下；而優勢度的比較結果，如表 9 所示，1992 到 1998 年成熟林之優勢度增加比率為 0.06；推移帶之優勢度增加率為 0.6，顯示推移帶之植株生長較快速，未來推移帶之優勢度會達到與原生林相似。在此所得出的優勢度增加比率只是兩次調查的結果，不能以此來預測推移帶需多久才能到達原生林之優勢度，但只要長期研究資料累積，即可得出推移帶優勢度與時間的關係。

表 8 台灣冷杉成熟林林、推移帶及草生地之相對密度與相對優勢度比較表

	1992 年相對密度	1998 年相對密度	1992 年相對優勢度	1998 年相對優勢度
原生林	7.6%	8.6%	79%	70%
推移帶	92.2%	91.1%	21%	30%
草生地	0.2%	0.3%	0	0

表 9 台灣冷杉成熟林林與推移帶優勢度之比較表

	1992 年優勢度	1998 年優勢度	優勢度增加比率
原生林	67283.1 cm^2	71182.0 cm^2	0.06
推移帶	18119.4 cm^2	30577.1 cm^2	0.6

陸、討論

本研究討論的部份是將前人的研究與本研究結果比對，探討在不同的立地環境，冷杉林分之植群狀況有何異同。此外根據研究結果，給予此台灣冷杉永久樣區經營管理方面一些建議，以期未來的研究能繼續進行。

一、不同植群結構的分析

森邦彥於 1937 年在雪山對 5 個苔蘚型岩生坡地（坡向東或東北）的樣地進行台灣冷杉林天然更新狀態的觀察，每個調查區域各取一個 5 平方公尺的小樣區，做冷杉每木高度及胸徑之測量，並記錄比較林下物種，其調查結果如表 10。與森邦彥的調查樣地比較起來，其樣地海拔較高，坡度較陡，但冷杉林內天然更新情況良好，冷杉幼苗密度很高；而本研究的結果為成熟林內更新不佳，即老齡林內幼苗很少，全區及不管是推移帶或成熟林區的冷杉密度均遠低於森邦彥的調查結果。天然更新情況不同可能是因為林下植種不同的關係，森邦彥在雪山的樣地冷杉林下植種為苔蘚類，可保有水分卻又不會阻礙日照，幫助冷杉種子之發芽與成長，而合歡山區冷杉林下植種為玉山箭竹，其高 2-4 公尺雖亦能保有水分卻會阻礙日照，且竹子發達的地下莖可能會阻礙冷杉種子接觸到土壤，故影響到冷杉種子的發芽與幼苗的生長。

二、樹徑級結構分析

與邱欽堂的樹徑級結構圖比較起來，其各徑級株數呈平滑的階段式下降，不似本樣區小徑級樹佔了大多數，這是因為兩者因為研究目的不同所選擇的樣區有差別，邱欽堂是選擇非林緣之冷杉林分進行材積的測量，只測量徑級 10 公分以上之成熟木，所以造成合歡山永久樣區的樹徑級結構與邱欽堂（1931 年）的研究結果略有不同。

若將本樣區之冷杉成熟林區及推移帶之樹徑級結構分開分析，推移帶用原來的每 3 公分為單位分級，冷杉成熟林區因為是老齡樹，採用 10 公分來分級，則結果如表 11 及表 12，顯示較大徑級的分析消除了原來用 3 公分為一單位來分析使某些徑級沒有植株分佈的現象。

表 11 1992 年永久樣區之台灣冷杉成熟林樹徑組級結構表

直徑級(cm)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	共 28 棵
株數	1	3	4	6	4	4	4	0	2	

表 12 1998 年永久樣區之台灣冷杉成熟林樹徑組級結構表

直徑級(cm)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	共 27 棵
株數	0	2	3	7	5	4	4	0	2	

三、樹徑與樹高關係的分析

邱欽堂在 1931 年於玉山東峰、荖濃溪上游海拔 3,350 公尺處設一面積約 0.299 公頃之冷杉樣區，此樣區為玉山箭竹型的冷杉林，其測量胸徑 10 公分以上林木 295 株之胸高直徑、樹高及平均密度，結果如表 13 所示，徑級 11 公分之樹高為 6-8 公尺，徑級 14 公分之樹高為 4-10 公尺，徑級 17 公分之樹高為 6-12 公尺，20 公分之樹高為 6-14 公尺，徑級 23-38 公分之樹高範圍從 6 公尺以上到 24 公尺，41-47 公分徑級之樹高範圍從 14-26 公尺，50-98 公分徑級之樹高範圍從 20-32 公尺，接近穩定極相森林。

比較表 3、表 4 與表 13 可知邱欽堂所研究之玉山樣區內各徑級樹之株數差不多，不似合歡山永久樣區主要植株為小徑級之幼齡木，大徑級之壯齡木及老齡木不到 40 棵，這是因為合歡山永久樣區所在區域屬於林緣與邱欽堂所選之林內樣地情形不同，雖然合歡山永久樣區有超過 400 株的冷杉，但大多為冷杉林建造期之植株少有成熟期之植株，所以使得各徑級之株數不平均。另外，由圖 15 可知邱欽堂所測量的植株（295 株）同徑級之樹高比合歡山永久樣區高，所以合歡山永久樣區如果是要分析成熟林之樹徑級與樹高級別株數分配，則成熟木數目是不足的，必須往林內方向增加樣區面積，使成熟林之植株數目增加才能得到較客觀的結果。由圖 15 亦可知，若林分處於建造期如合歡山永久樣區，則樹徑級與平均樹高的關係成對數關係；若林分處於成熟期，如邱欽堂之與山樣區，則樹徑級與平均樹高的關係成線性關係。

柳榗、葛錦昭、楊炳炎於 1961 年整理 1953 及 1954 年間台灣主要林型的調查數據，敘述各林型組成與植物社會的演進，冷杉林型的調查結果如表 14，均屬於玉山箭竹型冷杉林；本樣區的數據僅以冷杉成熟林的分佈區來估算。比較的結果顯示八仙山與合歡山的環境因子相似，故調查結果相似，而樣區「玉山 120」之海拔較高、坡度較陡，平均胸高直徑及樹高較大但密度低，顯示惡劣的環境使冷杉植株數量降低，以確保個體的生長狀況良好。

表 13 台灣冷杉直徑級與樹高級別株數分配表（邱欽堂，1931）

株數（棵）		樹高級（公尺）															合計	平均樹高
		4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32		
直徑級（公分）	11	1	10	4													15	6
	14	2	5	9	9	1											26	8
	17		4	15	5	4	3										31	9
	20		1	5	9	6	6	1									28	11
	23			2	4	10	5	3									24	12
	26			3	4	3	5	5	3								23	13
	29					5	4	7	2	5	1						24	16
	32					2		8	6	5	3						24	18
	35						3	1	3	8	3	2					20	19
	38							1	2	3	4	3					13	21
	41							2	2	4	3	5	1				17	21
	44							1	3	2	2	1	1				10	20
	47							1	3	2	1	2	2				11	21
	50									2		1	1	2			6	24
	53											2	1	2			5	26
	56												3		1		4	27
	59													2			2	28
	62														1		1	30
	65											1					1	24
	68																-	--
	71														1		1	30
	74													1			1	28
	77														1		1	30
	80																-	--
	83													1			1	28
	86												1	2	1		4	28
	89															1	1	32
	92																-	--
	97																-	--
	98														1		1	30
合計		3	20	38	31	31	26	30	24	31	17	17	10	10	6	1	295	

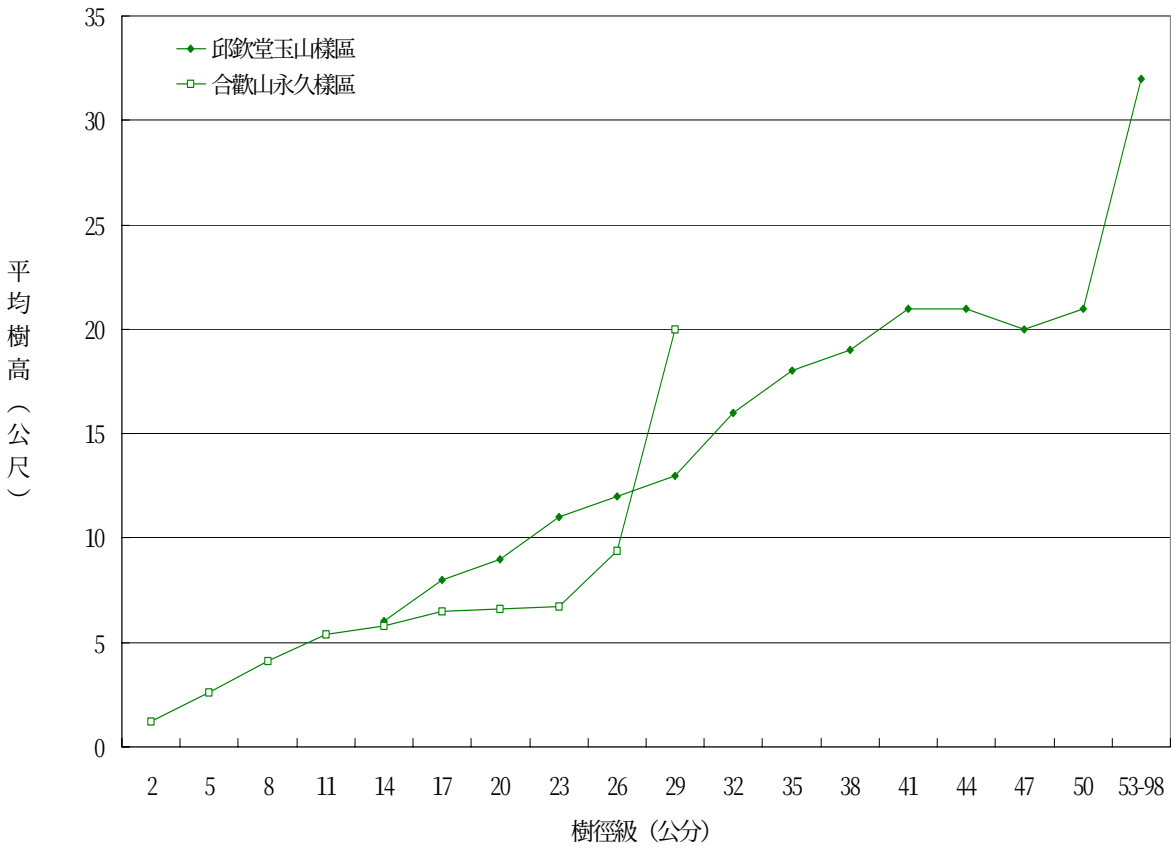


圖15 邱欽堂之玉山樣區與合歡山樣區之台灣冷杉樹徑級與平均樹高關係比較圖

表 14 柳榗、葛錦昭、楊炳炎之冷杉研究樣地與本樣區調查結果之比較

樣區		位置	坡向	坡度/海拔	每公頃株數（棵）	平均 DBH（cm）	每公頃胸高斷面積（m^2）	平均樹高（m）
柳榗等研究樣地	八仙山 89	山頂	北	25^0/3090m	750	40.4	96.129	24
	八仙山 92	山頂	北	0^0/3100m	640	48.3	117.411	24
	八仙山 93	山頂	南	17^0/3090m	586	45.4	94.891	23
	八仙山 94	山頂	西	25^0/3085m	574	46.7	98.121	24
	玉山 120	山腰	西	43^0/3200m	178	73.1	76.612	29
合歡山永久樣區	1992 成熟林區	山腰	東	35^0/3060	550	50.0	112.14	17.5
	1998 成熟林區	山腰	東	35^0/3060	550	52.0	118.64	18.2

四、樹齡結構之分析

由於本樣區與莊貴瑜之樣區屬於同一冷杉林分，故將兩樣區的資料合併，得到 49 筆樹齡的資料，如表 15，其中穿越線 I-III 是莊貴瑜的測量結果，穿越線 IV-V 及非穿越線為本研究之測量結果，圖 16 為兩樣區資料合併後之樹齡與樹徑關係圖，兩者的關係式為 $y=0.9889x^{1.2828}$，式中 x 為樹徑 y 為樹齡。結果顯示在樹齡 50 年以下者，樹徑的生長較快速，而樹齡在 100-250 年者，樹徑的生長差異較大，但仍可看出樹徑的生長已較樹齡 50 年以下者緩慢。

由樣木之位置圖配合樹齡之數據，可以畫出 2 條等齡線如圖 17，而劃分出 0-50 年、75-150 年及 175-250 年 3 個群集，並可從圖中判斷此冷杉林分的推移是由東南往西北方向移動。因莊貴瑜之調查並未包含樣區內之每木資料，故等齡線為粗略的估計，此 2 條等齡線在通過莊貴瑜之研究樣區時以虛線表示。

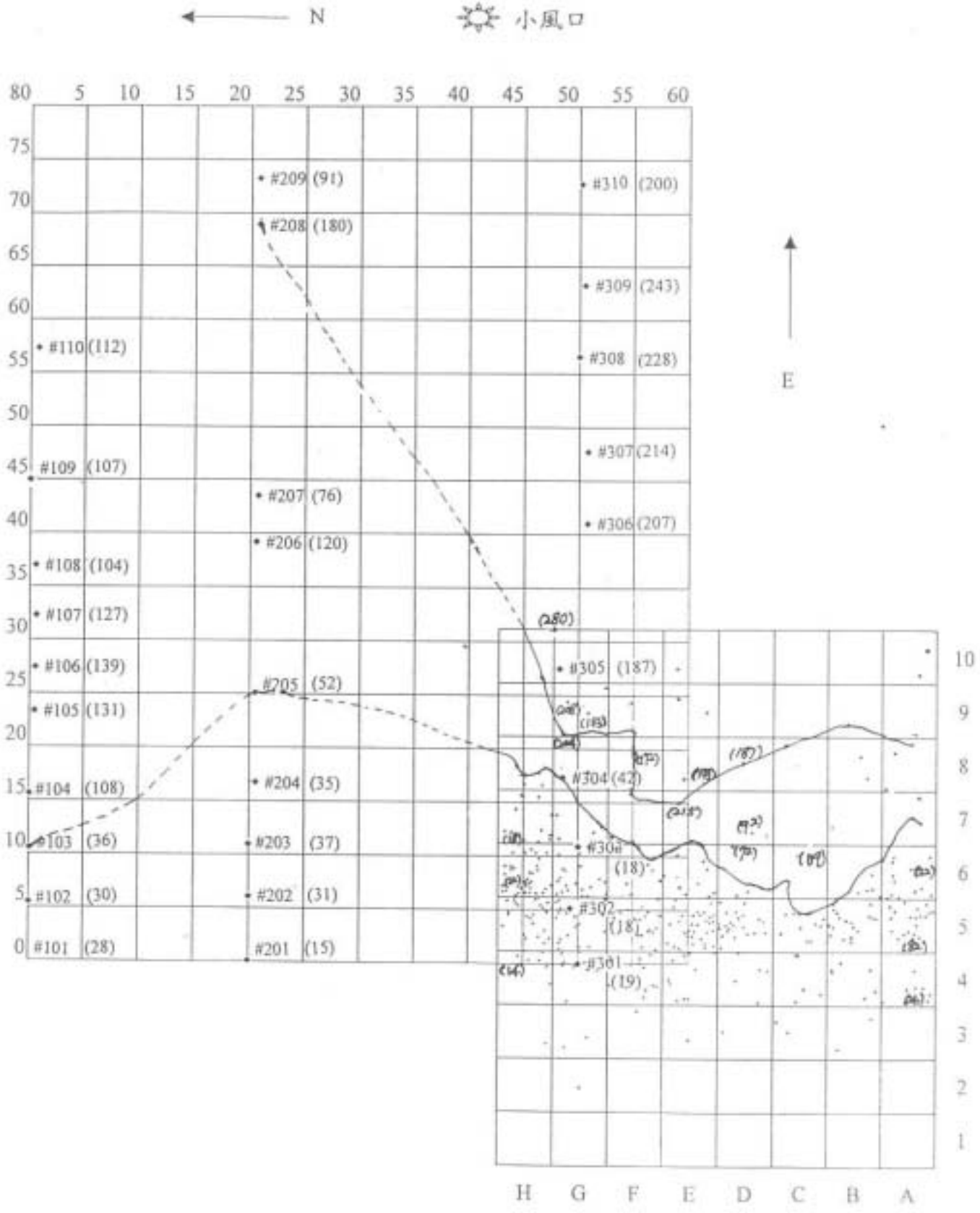


圖 17 0-50 年、75-150 年及 175-250 年之等齡線圖。括弧中的數字表示冷杉樣木之年齡，所以圖中靠東南方的等齡線分隔了 75-150 年及 175-250 年，靠西方的等齡線則區隔了 0-50 年及 75-150 年。

五、台灣冷杉林與箭竹草生地之推移帶的動態結構的探討：

依莊貴瑜（1998）的研究顯示，其冷杉林分的分佈從 0-15 公尺的林緣為幼樹（樹齡 35 以下、樹徑 20 公分左右）至 15 公尺以後的林內為樹齡激增的老樹（樹齡 100 以上），而本樣區亦有此趨勢。莊貴瑜認為樹齡 35 以下的苗木大量出現是因為 1960 年全球暖期開始，使冷杉林緣又開始往草生地推移。由於本樣區有部份與莊貴瑜（1998）之樣區重疊，故大量苗木出現的原因可能亦是如此。

若此次冷杉林向高海拔推移的行為起始於 1960 年，則由賴國祥（1992）所推論合歡山平均結實週期約為 5 年，此林分從開始推移到 1998 年共有 6 次左右的豐年期可產生大量種子建立苗木，但若沒有足夠的空間或其他條件的配合，則豐年期所產生的種子並不一定每次都能順利發芽，以本研究為例，1997 年為豐年期，但 1998 年卻沒有產生大量幼苗。

比較劉業經等與賴國祥計算冷杉林往草生地移動速率的方法，劉業經是用 Leak 及 Graber（1974）之計算式求得冷杉之平均推移距離每百年僅約 19 公尺，而賴國祥是利用種子散佈的距離及實際調查得出苗木之推移間隔及推移距離，結果為每百年約有 3 次之苗木建立，推移距離約可達 30 公尺；合歡山永久樣區的調查結果為 40 年推移約 15 公尺，此結果與賴國祥的相近，但由於合歡山永久樣區並非是火燒後冷杉之移動情形，而是冷杉林緣往高海拔移動的行為，若沒有氣候、地質地形等環境因子的配合，其不一定會繼續往高海拔進行移動。

六、經營管理的建議

根據中興大學森林系李旻旻（1998）利用數值地形模型（DTM）資料分析合歡山地區台灣冷杉空間分佈之特性的結果，顯示台灣冷杉於合歡山區之分佈海拔為 2,265 公尺-3,493 公尺，但集中在 2,800-3,200 公尺之間，約佔 85%；在坡度方面，約有 81%的冷杉落於坡度 21^0-40^0 之間，55^0 為冷杉主要分佈上限；坡向方面影響不顯著，冷杉在各坡向近似平均分佈。而本樣區之海拔為 3,080 公尺、坡度 35^0，為具有代表性的地區，適於研究台灣冷杉，國家公園可在 2,800 公尺及 3,200 公尺各設一可達性高、坡度適中的樣區，使研究更具完整性。

根據「（三）樹徑與樹高關係的分析」結果可知，必須將樣區中成熟林的部份加大，所以本樣區可往小風口方向再延伸約 50 公尺，即到達小風口正上方，使本樣區擴大成 40X100 平方公尺，整個樣區橫跨箭竹草生地、冷杉純林及冷杉與鐵杉交會處，如此，根據原樣區（40X50 平方公尺）的密度推算，合歡山永久樣區約可增加至 120 筆成熟林樹木的資料，分析此 120 筆資料之後，再與前人之文獻作比對，應可得出更客觀的結果。

根據「（五）台灣冷杉與箭竹草生地之推移帶的動態結構分析」結果可知，前人的研究均為大尺度之調查，即包括多個調查區域，但每個調查區域之樣區均沒有本樣區大，劉業經等的單一研究樣區約 250 平方公尺，賴國祥的單一研究樣區約 600 平方公尺，而本研究著重在單一區域（合歡山區）的台灣冷杉拓殖行為的探討，故樣區面積 2,000 平方公尺已足夠，即不需要再增加推移帶的樣區面積。

由於合歡山永久樣區與莊貴瑜（1998）之樣區有重疊的部份，故建議將兩個樣區合併，成為一 100X100 平方公尺的大面積永久樣區，如此不但可增加成熟林的面積，亦可增加冷杉年輪之研究樣木，以明確畫出冷杉林之等齡線，瞭解森林林界線向高海拔推移的進行方向。

在監測方式上，物候的變化資料可以作為氣候變遷、冷杉結實週期及開始結實的年齡等之佐證，故建議每個月均記錄一次，記錄項目如抽芽、開花、種子成熟、結實量（每棵冷杉的毬果數）、種子掉落等情形的週期變化。基礎資料的測量（動態空間結構）即冷杉之胸高直徑及樹高的測量，可瞭解此林分的空間結構。由本次調查結果可知，經過 6 年此林分雖進入自疏期，但推移帶之冷

杉密度仍高，新生幼苗稀少，未來幾年仍會繼續自我疏伐，若每 5 年測量一次，則 2,002 年之空間結構與 1998 年之結果不會有太大的差異，所以建議每 10 年測量一次，而每次得到的空間分佈，可依時間序列得出冷杉林演替的空間結構模式，瞭解冷杉演替的空間結構隨時間的變化，亦可得知自疏期約要持續多久的時間、自疏到何種程度，空出的空間才能使幼苗繼續生長。

柒、誌謝

大學畢業後原本打算出國繼續生物醫學方面的深造，卻因為到高雄市野鳥學會打工，想起了當初念生物是因為對自然的嚮往，所以毅然決定改變未來求學的領域轉念生態，在猶豫要考哪些科系時，現高雄鳥會總幹事林昆海建議我，既然對保育有興趣，東華大學有一個自然資源管理研究所，可以去試試看，那是我第一次知道有東華大學這個學校！

家人對我要到花蓮唸書覺得有點不可思議，其實自己也從沒想過會有這麼一天，但緣份就是如此奇妙，朋友的一句話，讓我來到了東華，跟著亦師亦友的老師學習，認識了一群志同道合的同學，這兩年因為有你們，才使花蓮的日子充滿了笑聲，才體會到當一個自然所的學生是多麼幸福的事。

指導老師徐國士老師個性爽朗，跟老師出過幾次野外之後，學到的不只是知識，還有對待自然的態度，所以慶幸自己能成為徐老師的弟子，很感謝老師兩年來的指導，使我受益終身。張惠珠老師是本研究計畫的主持人，對於我論文的指正不遺餘力，還抽空陪著我們上合歡山調查，您的歌聲舒緩我們的工作情緒，真的感謝張老師亦師亦友的指導。還有感謝夏禹九老師與楊遠波老師辛苦的幫我評審論文，莊貴瑜學姐與程膺學長提供調查研究的經驗，還有一起參與調查的伙伴更是幫了我大忙。

在還沒決定論文題目以前，記得第一次上合歡山拍照時，是為了要寫有關雲杉的報告，當時看到冷杉美麗的紫色毬果，心中就在想，其實做冷杉的研究也不錯啊！沒想到後來它真的成為我研究課題的主角！這當然要感謝太魯閣國家公園給我這個機會，由於處長、副處長對生態保育的用心，才有合作研究計畫案的產生，在調查的過程中，感謝太管處提供一切人力與設備資源，讓計畫能順利進行，而慧芬及顧淋幫忙處理學術及行政上的事務尤其辛苦。

當然，要感謝的人不只這些，還有所有好朋友在我求學過程中所給予的鼓勵與支持。真的謝謝您們！

捌、參考文獻

王忠魁。1974。臺灣高山草原之由來及其演進與亞極群落之商榷。生物與環境，pp.1-16。中央研究院。

金恆鑣、唐凱軍、黃正良、李聖餘。1990。合歡山玉山箭竹草原土壤之發育與分類。太魯閣國家公園管理處印行。

金恆鑣、唐凱軍、唐敏捷、黃正良、李聖餘。1991。合歡山台灣冷杉土壤發育與分類。太魯閣國家公園管理處印行。

李旻旻。1998。應用數值地形模型資料探討合歡山地區台灣冷杉空間分佈之特性。中興大學森林系。

柳榗。1961。大雪山示範林區森林植物生態之研究。台灣大雪山林業公司印行。

柳榗。1963a。臺灣之森林與環境。林業試驗所通訊，149:1295-1299

柳榗。1963b。小雪山高山草原生態之研究。林業試驗所報告，92:1-16

柳榗。1968。臺灣植物群落分類之研究（I）臺灣植物群系之分類。林業試驗所報告，166:1-26

柳榗。1971。臺灣植物群落分類之研究（II）臺灣高山寒原及針葉樹林群系。林業試驗所報告，203:1-24

徐國士、林則桐、陳玉峰、呂勝由。1983。太魯閣國家公園預定區域植物生態調查報告。內政部營建署印行。

徐國士。1997。全球氣候變遷之樹木年輪指標。經濟部水資局。

莊貴瑜。1998。合歡山台灣冷杉群落樹齡結構與草原推移之研究。國立東華大學自然資源管理研究所碩士論文。

曾盛堂。1996。太魯閣國家公園合歡山地區危險因子之調查與分析。太魯閣國家公園管理處印行。

楊武俊。1984。臺灣經濟樹種開花節食及種子發芽型態之研究。林試所試驗報告第 413 號。

楊遠波、張惠珠。1992。太魯閣國家公園植物永久樣區之規劃。太魯閣國家公園管理處印行。

劉棠瑞、蘇鴻傑。1983。森林植物生態學。

劉業經、呂福原、歐辰雄、賴國祥。1984。臺灣高山箭竹草生地之植物演替與競爭機制。中華林學季刊，17(1):1-32。

劉業經、呂福原、歐辰雄。1994。台灣樹木誌。國立中興大學農學院出版。

陳玉峰。1989。玉山箭竹暨高地草原歷來研究之探討。玉山生物學報，6(2):1-28。

陳玉峰。1991。臺灣高地植群的保育與經營。私立東海大學主辦第二屆現代科技及應用研討會論文集，pp.235-267。

陳玉峰。1993。合歡山高地植群的演替。東海大學生物學研究所博士論文。

陳玉峰。1995a。臺灣植被誌（第一卷）：總論及植被帶概論。玉山社。

陳玉峰。1995b。台灣冷杉生態系列研究（I）-歷來研究之探討。台臺灣省立博物館年刊，38:23-53。

陳玉峰。1997a。臺灣自然史系列-臺灣植被誌第二卷（上）。辰星出版社。

陳玉峰。1997b。台灣冷杉生態研究系列（II）：生態觀察與天然更新。國家公園學報，7(1-2):29-52

陳明義、呂金誠、林昭遠。1987。臺灣高山白木林之形成及其演替趨勢之探討。中華林學季刊，20(4):65-76。

陳振威。1967。台灣冷杉種子採集其及貯藏影響發芽率之研究。林業試驗所報告第 143 號。

潘德發、許博行。1990。低溫對台灣冷杉苗木萌芽的效應。中興大學農學院實驗林研究研究報告，3(1):71-93。

賴國祥。1992。臺灣亞高山針葉林與草生地間推移帶動態結構之探討。中興大學植物學研究所博士論文。

賴國祥。1994。關於台灣冷杉。自然保育季刊，8:51-55。

金平亮三。1936。臺灣樹木誌（增補改版）。臺灣總督府中央研究所林業部印行。(引自陳玉峰，1995b)

邱欽堂。1931。新高山 於 林分調查， 2(1)：9-23。(引自陳玉峰，1995b)

森邦彥。1937。次高山 山莊附近 （*Abies kawakami*i Ito.）林下草 植物群落學的研究(I)；(II)。植物及動物 6(9):46-52。(引自陳玉峰，1995b)

E. Cienciala, J. Kucera, A. Lindroth, J. Cermak, A. Grelle, S. Halldin. 1997. Canopy transpiration from a boreal forest in Sweden during a dry year

G. W. Douglas. 1972. Subalpine plant communities of the Western North Cascades, Washington. Arct. Alp. Res. 4:147-166.

H. C. Fritts and T. W. Swetnam. 1989. Dendroecology: A Tool for Evaluating Variation in Past and Present Forest Environments.

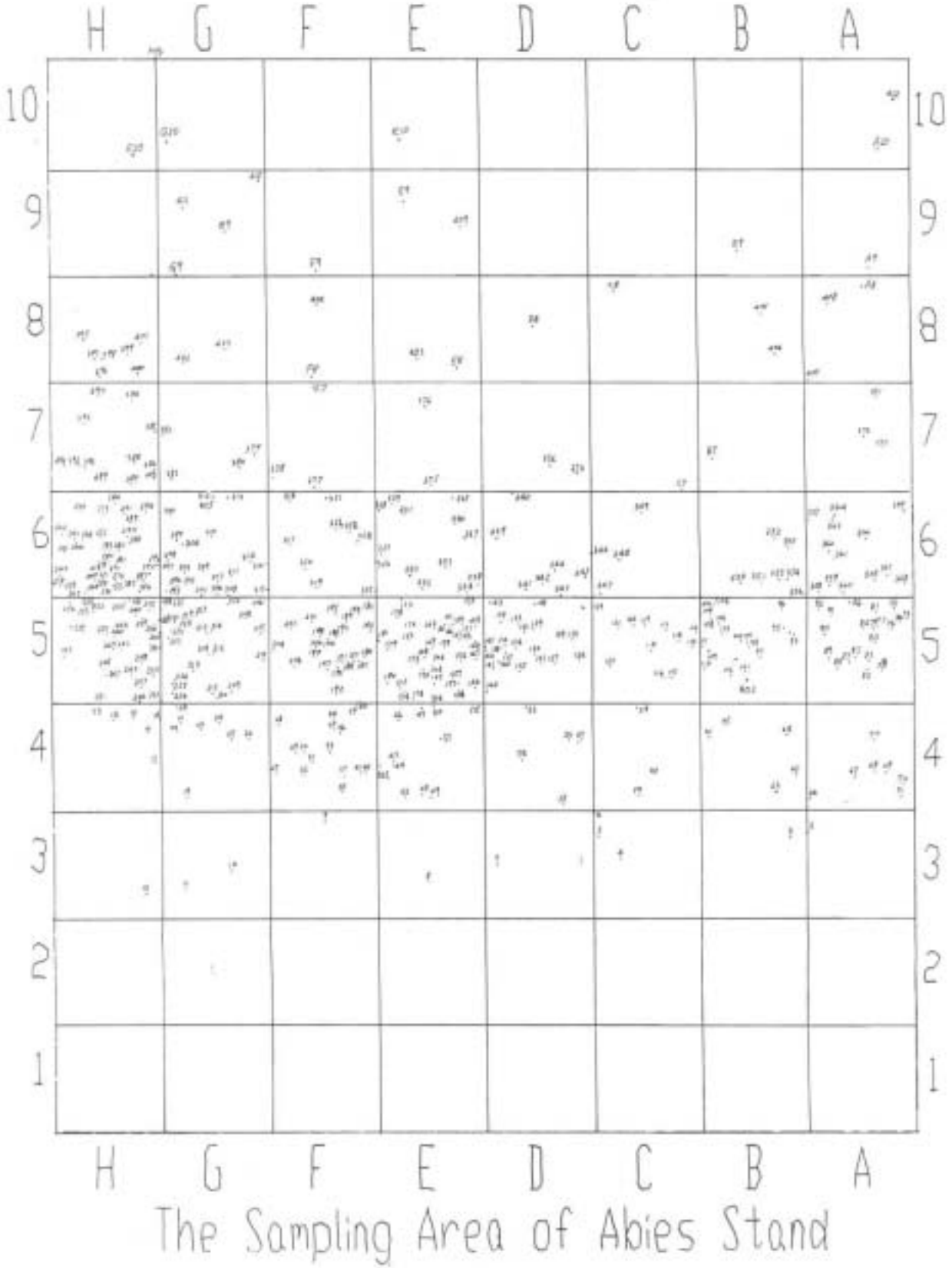
Marvin A. Stokes and Terah L. Smiley. 1996. An Introduction to Tree-Ring Dating. The University of Arizona Press

Robert R. Alexander. 1986. Engelmann Spruce Seed Production and Dispersal, and Seedling Establishment in the Central Rocky Mountains. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. RM-134. 9p.

W. B. Leak and R. E. Garber. 1974. A method for detecting migration of forest vegetation. Ecology 55:1425-1427.

Wilbert H. Blackburn and Paul T. Tueller. 1970. Pinyon and Juniper invasion in black sagebrush communities in east-central Nevada. Ecology 51:841-847.

附錄一、合歡山台灣冷杉永久樣區之冷杉樣木位置圖



附錄二、合歡山台灣冷杉樣區木本植物基本測量資料

樣區	編號	植物學名	樹高(M)	胸徑(cm)	狀況
G2	1	*Abices kawakamii*	1.8	4.8	
A3	2	*Abices kawakamii*	6.1	21.7	
B3	3	*Abices kawakamii*	4.1	8.6	
C3	4	*Abices kawakamii*	5.9	25.8	
C3	5	*Abices kawakamii*	5.1	8.6	
C3	5	*Abices kawakamii*	5.1	11.5	
D3	6	*Abices kawakamii*	5.2	16.7	
D3	6	*Abices kawakamii*	2.9	5.1	斷
E3	7	*Abices kawakamii*	5.0	19.4	
F3	8	*Abices kawakamii*	3.3	17.8	
F3	9	*Abices kawakamii*	2.5	6.1	
G3	10	*Abices kawakamii*			d
G3	11	*Tsuga chinensis var. formosana*	4.3	8.6	
G3	11	*Tsuga chinensis var. formosana*	4.6	14.3	
G3	11	*Tsuga chinensis var. formosana*	5.0	14.0	
G3	11	*Tsuga chinensis var. formosana*	4.8	10.5	
G3	11	*Tsuga chinensis var. formosana*	4.7	10.5	
G3	11	*Tsuga chinensis var. formosana*	4.7	9.1	
G3	11	*Tsuga chinensis var. formosana*	4.7	14.0	
G3	11	*Tsuga chinensis var. formosana*	4.5	12.4	
H3	12	*Tsuga chinensis var. formosana*	5.2	17.2	
H3	12	*Tsuga chinensis var. formosana*	5.0	10.2	
H4	13	*Abices kawakamii*	5.2	13.4	
H4	14	*Abices kawakamii*	6.2	7.6	
H4	14	*Abices kawakamii*			d
H4	15	*Abices kawakamii*	6.0	10.2	
H4	16	*Abices kawakamii*	2.1	7.0	斷
H4	17	*Abices kawakamii*	4.3	8.3	
H4	17	*Abices kawakamii*	5.9	14.5	
H4	18	*Abices kawakamii*	4.1	6.4	
G4	19	*Abices kawakamii*	2.3	3.8	
G4	20	*Abices kawakamii*	6.8	16.4	
G4	21	*Abices kawakamii*			d

樣區	編號	植物學名	樹高(M)	胸徑(cm)	狀況
G4	22	*Abices kawakamii*	6.5	6.1	
G4	22	*Abices kawakamii*	6.2	10.5	
G4	23	*Abices kawakamii*	6.1	9.7	
G4	24	*Abices kawakamii*	7.2	16.9	
G4	25	*Abices kawakamii*	5.4	11.5	
G4	26	*Abices kawakamii*	5.0	12.7	
F4	27	*Abices kawakamii*	2.4	3.8	
F4	28	*Abices kawakamii*	3.9	8.6	
F4	29	*Abices kawakamii*	5.0	8.3	
F4	29	*Abices kawakamii*	4.9	7.0	
F4	30	*Abices kawakamii*	5.6	10.5	
F4	31	*Abices kawakamii*	5.1	9.9	
F4	32	*Abices kawakamii*	5.5	15.0	
F4	33	*Abices kawakamii*	2.2	3.2	
F4	34	*Abices kawakamii*	3.6	7.0	
F4	35	*Abices kawakamii*	7.1	19.1	
F4	36	*Abices kawakamii*	4.3	8.3	
F4	37	*Abices kawakamii*	6.6	19.4	
F4	38	*Abices kawakamii*	2.7	8.6	
F4	39	*Abices kawakamii*	2.3	3.2	
F4	40	*Abices kawakamii*	1.8	3.2	
F4	41	*Tsuga chinensis var. formosana*	2.7	2.4	
F4	42	*Abices kawakamii*	6.5	17.5	
E4	43	*Abices kawakamii*	3.3	4.8	
E4	44	*Abices kawakamii*	6.6	16.9	
E4	幼1	*Abices kawakamii*	1.2	0.0	n
E4	45	*Abices kawakamii*	7.7	21.3	
E4	46	*Abices kawakamii*	5.6	10.0	
E4	46	*Abices kawakamii*	5.0	7.3	
E4	47	*Abices kawakamii*	2.2	3.0	
E4	48	*Abices kawakamii*	6.7	18.0	
E4	49	*Abices kawakamii*	3.8	8.0	
E4	50	*Abices kawakamii*	4.1	5.1	
E4	51	*Abices kawakamii*	8.0	25.8	
E4	52	*Abices kawakamii*	4.0	6.6	
D4	53	*Abices kawakamii*	1.7	3.0	

樣區	編號	植物學名	樹高(M)	胸徑(cm)	狀況
D4	54	*Abices kawakamii*	5.8	11.5	
D4	55	*Abices kawakamii*	7.6	12.1	
D4	55	*Abices kawakamii*	6.3	14.5	
D4	56	*Abices kawakamii*	4.0	7.6	
D4	57	*Abices kawakamii*	4.2	9.1	
D4	58	*Juniperus formosana*	1.4	1.4	
C4	59	*Abices kawakamii*	6.1	19.1	
C4	60	*Abices kawakamii*	4.8	10.8	
C4	60	*Abices kawakamii*	4.8	9.2	
B4	61	*Abices kawakamii*	2.3	4.5	
B4	61	*Abices kawakamii*	1.7	2.2	n
B4	62	*Abices kawakamii*	6.3	20.4	
B4	63	*Abices kawakamii*	6.8	20.4	
B4	64	*Abices kawakamii*	2.1	2.9	
B4	65	*Abices kawakamii*	5.9	18.8	
A4	66	*Abices kawakamii*	1.7	1.9	斷
A4	66	*Abices kawakamii*	4.4	8.0	
A4	67	*Abices kawakamii*	1.7	3.2	
A4	67	*Abices kawakamii*	4.5	10.5	
A4	68	*Abices kawakamii*	8.2	21.7	
A4	69	*Abices kawakamii*	5.9	18.8	
A4	70	*Abices kawakamii*	1.2	0.0	ad
A4	71	*Abices kawakamii*	2.4	3.8	
A4	71	*Abices kawakamii*	3.6	9.2	
A4	71	*Abices kawakamii*	2.4	4.8	
A4	72	*Abices kawakamii*	4.0	5.4	
A5	73	*Abices kawakamii*	2.4	3.2	
A5	74	*Abices kawakamii*			d
A5	75	*Abices kawakamii*	1.8	12.1	斷
A5	76	*Abices kawakamii*	2.0	1.9	ad
A5	77	*Abices kawakamii*	4.3	6.1	
A5	78	*Abices kawakamii*	5.6	11.1	
A5	78	*Abices kawakamii*	5.1	10.5	
A5	79	*Abices kawakamii*	4.1	6.4	
A5	80	*Abices kawakamii*	4.8	8.0	
A5	81	*Abices kawakamii*	2.1	2.5	

樣區	編號	植物學名	樹高(M)	胸徑(cm)	狀況
A5	82	*Abices kawakamii*	6.0	10.8	
A5	83	*Abices kawakamii*	2.0	2.5	ad
A5	84	*Abices kawakamii*			d
A5	85	*Abices kawakamii*	1.7	2.9	
A5	86	*Abices kawakamii*	5.1	8.0	
A5	87	*Abices kawakamii*	1.8	2.5	
A5	88	*Abices kawakamii*	1.9	2.5	
A5	89	*Abices kawakamii*	5.4	9.9	
A5	90	*Abices kawakamii*	3.8	6.4	
A5	91	*Abices kawakamii*	6.5	15.1	
A5	92	*Abices kawakamii*	6.5	11.1	
B5	93	*Abices kawakamii*	4.5	6.1	
B5	94	*Abices kawakamii*	3.0	4.6	
B5	95	*Abices kawakamii*	4.2	6.4	
B5	96	*Abices kawakamii*	1.0	0.0	
B5	97	*Abices kawakamii*	2.9	5.4	
B5	98	*Abices kawakamii*	4.3	11.0	
B5	99	*Abices kawakamii*	2.0	2.5	ad
B5	100	*Abices kawakamii*	3.8	5.1	
B5	101	*Abices kawakamii*	4.3	9.1	
B5	幼2	*Abices kawakamii*	1.5	1.6	n
B5	幼2	*Abices kawakamii*	1.7	1.9	n
B5	102	*Abices kawakamii*	4.3	11.5	
B5	103	*Abices kawakamii*	4.0	7.6	
B5	104	*Abices kawakamii*	4.5	5.9	
B5	105	*Abices kawakamii*	2.6	4.8	
B5	106	*Abices kawakamii*			d
B5	107	*Abices kawakamii*	1.7	2.9	
B5	108	*Abices kawakamii*	1.9	2.9	
B5	109	*Abices kawakamii*	2.9	6.4	
B5	110	*Abices kawakamii*	2.6	5.1	
B5	111	*Abices kawakamii*	5.1	9.2	
C5	112	*Abices kawakamii*	5.1	9.9	
C5	113	*Abices kawakamii*	4.6	7.8	
C5	114	*Abices kawakamii*	4.1	7.6	
C5	114	*Abices kawakamii*	4.1	5.6	

樣區	編號	植物學名	樹高(M)	胸徑(cm)	狀況
C5	115	*Abices kawakamii*	5.0	12.1	
C5	116	*Abices kawakamii*	4.2	12.1	
C5	117	*Abices kawakamii*	2.1	3.2	
C5	118	*Abices kawakamii*	4.5	9.6	
C5	119	*Abices kawakamii*	2.8	3.8	
C5	120	*Abices kawakamii*	1.1	0.0	
C5	121	*Abices kawakamii*	2.3	4.1	
C5	122	*Abices kawakamii*	6.9	16.9	
C5	123	*Abices kawakamii*	6.3	17.8	
D5	124	*Abices kawakamii*	4.5	7.0	
D5	125	*Abices kawakamii*	5.9	10.8	
D5	126	*Abices kawakamii*	4.4	7.3	
D5	127	*Tsuga chinensis var. formosana*	4.4	14.3	
D5	127	*Tsuga chinensis var. formosana*	4.4	8.9	
D5	128	*Abices kawakamii*	3.0	4.6	
D5	129	*Abices kawakamii*	2.5	3.2	ad
D5	130	*Tsuga chinensis var. formosana*	3.0	3.5	
D5	131	*Abices kawakamii*	1.4	0.0	
D5	132	*Abices kawakamii*	4.4	7.6	
D5	133	*Abices kawakamii*	4.3	7.3	
D5	134	*Abices kawakamii*	1.8	2.1	ad
D5	135	*Abices kawakamii*	6.4	14.3	
D5	136	*Abices kawakamii*	3.5	8.0	
D5	137	*Abices kawakamii*	1.3	0.0	ad
D5	138	*Abices kawakamii*			d
D5	139	*Abices kawakamii*	3.2	4.1	
D5	140	*Abices kawakamii*	1.8	2.2	ad
D5	141	*Tsuga chinensis var. formosana*	5.5	7.0	
D5	141	*Tsuga chinensis var. formosana*	5.7	10.2	
D5	142	*Abices kawakamii*	2.4	4.6	
D5	143	*Abices kawakamii*	3.8	8.8	
D5	144	*Abices kawakamii*	2.1	2.1	
D5	145	*Abices kawakamii*	5.6	11.3	
E5	146	*Abices kawakamii*	1.5	1.4	ad
E5	147	*Abices kawakamii*			d

樣區	編號	植物學名	樹高(M)	胸徑(cm)	狀況
E5	148	*Abices kawakamii*	2.5	2.7	ad
E5	149	*Abices kawakamii*			d
E5	150	*Abices kawakamii*	4.1	9.6	
E5	151	*Abices kawakamii*			d
E5	152	*Abices kawakamii*			d
E5	153	*Abices kawakamii*	6.0	13.1	
E5	154	*Abices kawakamii*	4.6	7.3	
E5	154	*Abices kawakamii*	5.5	9.4	
E5	155	*Tsuga chinensis var. formosana*	4.8	7.3	
E5	156	*Abices kawakamii*	3.8	5.7	
E5	157	*Abices kawakamii*	6.0	11.1	
E5	158	*Abices kawakamii*			d
E5	159	*Abices kawakamii*	2.4	4.1	
E5	160	*Abices kawakamii*			d
E5	161	*Abices kawakamii*	5.9	7.3	
E5	162	*Abices kawakamii*	2.6	4.5	
E5	163	*Abices kawakamii*	3.0	5.4	
E5	164	*Abices kawakamii*	3.5	4.5	
E5	165	*Abices kawakamii*	3.8	4.8	
E5	166	*Abices kawakamii*	8.1	19.7	
E5	167	*Abices kawakamii*	1.3	0.0	ad
E5	168	*Abices kawakamii*	6.6	13.4	
E5	169	*Abices kawakamii*	3.2	2.9	
E5	170	*Abices kawakamii*	1.8	2.5	
E5	171	*Abices kawakamii*	6.4	12.7	
E5	172	*Abices kawakamii*	3.3	3.8	
E5	173	*Abices kawakamii*	7.2	17.5	
E5	174	*Abices kawakamii*	1.3	1.6	ad
E5	175	*Abices kawakamii*	1.5	14.0	
E5	176	*Abices kawakamii*	7.3	13.7	
E5	177	*Abices kawakamii*	7.7	12.4	
E5	178	*Abices kawakamii*	5.6	11.0	
E5	179	*Abices kawakamii*	7.2	14.2	
E5	180	*Abices kawakamii*	1.3	0.0	ad
E5	181	*Abices kawakamii*	3.6	6.1	
F5	182	*Abices kawakamii*			d
F5	183	*Tsuga chinensis var. formosana*	4.2	5.6	

樣區	編號	植物學名	樹高(M)	胸徑(cm)	狀況
F5	183	*Tsuga chinensis var. formosana*	4.0	4.8	
F5	183	*Tsuga chinensis var. formosana*	4.0	5.4	
F5	184	*Abices kawakamii*	3.1	3.5	
F5	185	*Abices kawakamii*	2.5	2.9	
F5	186	*Abices kawakamii*			d
F5	187	*Abices kawakamii*	5.8	11.2	
F5	188	*Abices kawakamii*	2.2	3.5	
F5	189	*Abices kawakamii*	4.2	6.7	
F5	190	*Abices kawakamii*	2.7	3.2	
F5	191	*Abices kawakamii*			d
F5	192	*Abices kawakamii*	2.2	3.8	
F5	192	*Abices kawakamii*	2.4	4.8	
F5	193	*Abices kawakamii*	3.9	6.1	
F5	194	*Abices kawakamii*	2.3	2.9	
F5	195	*Abices kawakamii*	2.9	5.1	
F5	196	*Abices kawakamii*	6.3	13.7	
F5	197	*Abices kawakamii*	2.1	2.5	
F5	198	*Abices kawakamii*	3.9	7.3	
F5	199	*Abices kawakamii*	3.0	4.5	
F5	200	*Abices kawakamii*	3.6	5.7	
F5	201	*Tsuga chinensis var. formosana*	4.9	9.9	
F5	202	*Abices kawakamii*	5.5	15.6	
F5	203	*Abices kawakamii*			d
F5	204	*Abices kawakamii*	1.2	1.6	斷
F5	204	*Abices kawakamii*	3.7	7.6	
G5	205	*Abices kawakamii*	3.6	5.7	
G5	206	*Abices kawakamii*	3.0	4.5	
G5	206	*Abices kawakamii*	5.0	5.1	
G5	207	*Abices kawakamii*	1.4	0.0	ad
G5	208	*Abices kawakamii*	5.8	13.4	
G5	209	*Abices kawakamii*	5.4	13.2	
G5	210	*Abices kawakamii*			d
G5	211	*Abices kawakamii*			d
G5	212	*Abices kawakamii*	3.1	5.7	
G5	213	*Abices kawakamii*	7.4	20.1	
G5	214	*Abices kawakamii*	3.6	6.4	

樣區	編號	植物學名	樹高(M)	胸徑(cm)	狀況
G5	215	*Abices kawakamii*			d
G5	216	*Abices kawakamii*			d
G5	217	*Abices kawakamii*	3.1	6.1	
G5	218	*Abices kawakamii*			d
G5	219	*Abices kawakamii*	5.8	9.2	
G5	220	*Abices kawakamii*			d
G5	221	*Abices kawakamii*	3.8	5.1	
G5	222	*Abices kawakamii*	3.1	4.1	
G5	223	*Abices kawakamii*	2.7	2.9	ad
G5	224	*Abices kawakamii*	3.1	3.8	
G5	225	*Abices kawakamii*	3.6	8.3	
G5	226	*Abices kawakamii*			d
G5	227	*Abices kawakamii*			d
G5	228	*Abices kawakamii*	4.8	8.0	
H5	229	*Abices kawakamii*	6.0	9.9	
H5	230	*Abices kawakamii*	7.9	18.2	
H5	231	*Abices kawakamii*			d
H5	232	*Abices kawakamii*			d
H5	232	*Abices kawakamii*			d
H5	233	*Abices kawakamii*	4.4	5.1	
H5	234	*Abices kawakamii*	6.5	10.5	
H5	235	*Abices kawakamii*	4.8	9.9	
H5	236	*Abices kawakamii*	6.6	14.3	
H5	237	*Abices kawakamii*	2.7	3.8	
H5	238	*Abices kawakamii*	3.4	5.1	
H5	238	*Abices kawakamii*	7.0	11.9	
H5	239	*Abices kawakamii*	7.2	14.6	
H5	240	*Abices kawakamii*	3.5	7.6	
H5	241	*Abices kawakamii*	5.6	8.0	
H5	242	*Abices kawakamii*	3.0	4.5	
H5	243	*Abices kawakamii*	7.6	14.0	
H5	244	*Abices kawakamii*	3.8	4.5	
H5	245	*Abices kawakamii*			d
H5	246	*Abices kawakamii*			d
H5	247	*Abices kawakamii*			d
H5	247	*Abices kawakamii*	3.8	5.7	

樣區	編號	植物學名	樹高(M)	胸徑(cm)	狀況
H5	248	*Abices kawakamii*	6.5	11.1	
H5	249	*Abices kawakamii*	7.6	18.2	
H5	250	*Abices kawakamii*	7.6	11.5	
H5	251	*Abices kawakamii*	4.6	5.1	
H5	251	*Abices kawakamii*	3.6	7.3	
H5	252	*Abices kawakamii*	6.9	13.1	
H5	253	*Abices kawakamii*	5.7	8.3	
H5	254	*Abices kawakamii*	2.7	3.8	
H5	255	*Abices kawakamii*			d
H5	255	*Abices kawakamii*	3.7	5.7	
H5	256	*Abices kawakamii*	2.5	4.5	
H5	257	*Abices kawakamii*	5.2	10.8	
H5	257	*Abices kawakamii*	5.0	8.9	
H6	258	*Abices kawakamii*			d
H6	259	*Abices kawakamii*	3.2	3.7	
H6	260	*Abices kawakamii*	5.6	8.6	
H6	261	*Abices kawakamii*	5.6	7.0	
H6	262	*Abices kawakamii*	1.9	2.2	
H6	263	*Abices kawakamii*	5.1	12.7	
H6	264	*Abices kawakamii*	4.9	6.4	
H6	265	*Abices kawakamii*	4.6	7.0	
H6	266	*Abices kawakamii*			d
H6	267	*Abices kawakamii*	3.9	4.5	
H6	268	*Abices kawakamii*	5.4	9.9	
H6	269	*Abices kawakamii*	4.8	8.9	
H6	270	*Abices kawakamii*			d
H6	271	*Abices kawakamii*			d
H6	272	*Abices kawakamii*	4.5	8.6	
H6	272	*Abices kawakamii*	4.5	8.6	
H6	272	*Abices kawakamii*	4.5	8.6	
H6	273	*Abices kawakamii*	5.5	8.3	
H6	274	*Abices kawakamii*	7.1	12.7	
H6	275	*Abices kawakamii*	3.2	4.8	
H6	276	*Abices kawakamii*	3.9	3.8	
H6	277	*Abices kawakamii*			d
H6	278	*Abices kawakamii*	6.1	14.6	

樣區	編號	植物學名	樹高(M)	胸徑(cm)	狀況
H6	279	*Abices kawakamii*	2.2	2.5	ad
H6	280	*Abices kawakamii*			d
H6	281	*Abices kawakamii*			d
H6	282	*Abices kawakamii*			d
H6	283	*Abices kawakamii*			d
H6	284	*Abices kawakamii*			d
H6	285	*Abices kawakamii*	5.8	9.2	
H6	286	*Abices kawakamii*	5.0	5.7	
H6	287	*Abices kawakamii*	5.7	10.8	
H6	288	*Abices kawakamii*	6.3	8.0	
H6	289	*Abices kawakamii*			d
H6	290	*Abices kawakamii*	4.8	11.8	
H6	291	*Abices kawakamii*			d
H6	292	*Abices kawakamii*			d
H6	293	*Abices kawakamii*	3.1	4.0	
H6	294	*Abices kawakamii*	3.1	5.1	
G6	295	*Abices kawakamii*	3.5	5.1	
G6	296	*Abices kawakamii*			d
G6	297	*Abices kawakamii*	4.4	9.1	
G6	298	*Abices kawakamii*	6.6	10.4	
G6	299	*Abices kawakamii*	2.0	3.2	ad
G6	300	*Abices kawakamii*	5.7	12.7	
G6	301	*Abices kawakamii*			d
G6	302	*Abices kawakamii*	5.6	10.0	
G6	303	*Abices kawakamii*			d
G6	304	*Abices kawakamii*	6.8	13.9	
G6	305	*Abices kawakamii*	1.2	0.0	ad
G6	306	*Abices kawakamii*	5.3	7.0	
G6	307	*Tsuga chinensis var. formosana*	5.1	15.4	
G6	308	*Abices kawakamii*	3.4	4.1	
G6	309	*Abices kawakamii*	2.4	2.9	
G6	310	*Abices kawakamii*			d
G6	311	*Rhododendron pseudochrysanthum*	3.9	4.1	
G6	311	*Rhododendron pseudochrysanthum*	3.9	8.3	
G6	311	*Rhododendron pseudochrysanthum*	3.9	5.7	
G6	311	*Rhododendron pseudochrysanthum*	3.9	5.1	

樣區	編號	植物學名	樹高(M)	胸徑(cm)	狀況
G6	311	*Rhododendron pseudochrysanthum*	3.9	5.4	
G6	312	*Abices kawakamii*	6.7	11.8	
G6	313	*Abices kawakamii*	6.2	12.7	
G6	314	*Abices kawakamii*	3.9	3.5	
G6	315	*Abices kawakamii*	5.3	4.8	
G6	316	*Tsuga chinensis var. formosana*	3.1	4.8	
G6	G6	*Sorbus randaiensis*			d
F6	317	*Tsuga chinensis var. formosana*	5.0	10.2	
F6	317	*Tsuga chinensis var. formosana*	3.3	6.1	
F6	317	*Tsuga chinensis var. formosana*	5.3	11.5	
F6	317	*Tsuga chinensis var. formosana*	5.3	13.4	
F6	317	*Tsuga chinensis var. formosana*	5.2	10.5	
F6	318	*Abices kawakamii*	6.8	20.1	
F6	319	*Abices kawakamii*	4.7	8.6	
F6	320	*Abices kawakamii*	8.6	22.0	
F6	321	*Abices kawakamii*	3.1	5.4	
F6	322	*Abices kawakamii*	7.7	19.7	
F6	323	*Rhododendron pseudochrysanthum*			d
F6	324	*Rhododendron pseudochrysanthum*	2.2	4.5	
E6	325	*Abices kawakamii*	6.6	15.4	
E6	326	*Abices kawakamii*	4.3	10.5	
E6	327	*Abices kawakamii*	6.5	13.4	
E6	328	*Abices kawakamii*	3.5	7.0	
E6	329	*Abices kawakamii*	2.7	4.5	
E6	330	*Tsuga chinensis var. formosana*	5.3	10.8	
E6	330	*Tsuga chinensis var. formosana*	5.1	10.2	
E6	331	*Abices kawakamii*	3.2	6.7	
E6	332	*Abices kawakamii*			d
E6	333	*Abices kawakamii*	6.7	15.0	
E6	334	*Abices kawakamii*	4.8	7.6	
E6	335	*Abices kawakamii*	4.9	11.1	
E6	336	*Abices kawakamii*	2.2	3.5	
E6	337	*Abices kawakamii*			d
E6	338	*Abices kawakamii*	7.3	16.2	
D6	339	*Abices kawakamii*	3.6	6.9	
D6	340	*Abices kawakamii*	9.4	32.0	斷

樣區	編號	植物學名	樹高(M)	胸徑(cm)	狀況
D6	341	*Abices kawakamii*	4.9	10.5	
D6	342	*Abices kawakamii*	3.1	4.8	
D6	343	*Abices kawakamii*	4.2	7.6	
D6	344	*Abices kawakamii*	1.6	2.9	ad
D6	345	*Abices kawakamii*	2.2	3.3	
D6	346	*Abices kawakamii*	2.5	3.8	
C6	347	*Abices kawakamii*	1.8	3.3	ad
C6	348	*Abices kawakamii*	5.3	19.7	
C6	349	*Abices kawakamii*	15.0	39.5	
B6	350	*Abices kawakamii*	2.7	6.1	
B6	351	*Abices kawakamii*			d
B6	352	*Abices kawakamii*	7.4	10.8	
B6	353	*Abices kawakamii*	3.3	4.8	
B6	354	*Abices kawakamii*	6.0	10.2	
B6	355	*Abices kawakamii*	7.6	17.5	
B6	356	*Abices kawakamii*	3.6	5.1	
A6	357	*Abices kawakamii*	7.4	10.0	
A6	358	*Abices kawakamii*	6.7	11.5	
A6	359	*Abices kawakamii*	4.7	8.0	
A6	360	*Abices kawakamii*			d
A6	361	*Abices kawakamii*	3.0	3.3	ad
A6	362	*Abices kawakamii*	7.4	12.4	
A6	363	*Abices kawakamii*	5.9	10.2	
A6	364	*Abices kawakamii*	6.9	14.3	
A6	365	*Abices kawakamii*	2.6	4.1	
A6	365	*Abices kawakamii*	2.7	3.5	
A6	366	*Abices kawakamii*	6.5	10.1	
A6	367	*Abices kawakamii*	4.5	9.9	
A6	368	*Abices kawakamii*	8.0	21.7	
A6	369	*Abices kawakamii*	4.2	6.4	
A7	370	*Abices kawakamii*	4.9	12.1	
A7	371	*Abices kawakamii*	4.5	12.9	斷
A7	371	*Abices kawakamii*	14.8	40.4	
A7	372	*Rhododendron pseudochrysanthum*	2.9	3.7	
A7	372	*Rhododendron pseudochrysanthum*	1.8	2.4	
B7	B7	*Abices kawakamii*	18.0	64.1	

樣區	編號	植物學名	樹高(M)	胸徑(cm)	狀況
C7	C7	*Abices kawakamii*	15.3	46.8	
D7	373	*Abices kawakamii*	5.8	20.4	
D7	374	*Abices kawakamii*	16.0	45.1	
E7	375	*Abices kawakamii*	2.4	3.5	
E7	376	*Abices kawakamii*	21.0	76.4	
F7	377	*Abices kawakamii*			d
F7	378	*Abices kawakamii*			d
F7	F7	*Abices kawakamii*			d
G7	379	*Abices kawakamii*	6.3	17.2	
G7	380	*Abices kawakamii*	6.3	18.5	
G7	381	*Abices kawakamii*	2.6	3.6	
H7	382	*Abices kawakamii*	6.3	14.6	
H7	383	*Abices kawakamii*	2.9	3.8	
H7	384	*Abices kawakamii*	8.7	21.8	
H7	385	*Abices kawakamii*	5.0	7.3	
H7	386	*Abices kawakamii*	10.1	28.2	
H7	387	*Abices kawakamii*	3.2	5.7	
H7	388	*Abices kawakamii*	1.8	2.6	
H7	389	*Abices kawakamii*	5.0	11.1	
H7	390	*Tsuga chinensis var. formosana*	3.7	3.5	
H7	391	*Abices kawakamii*	5.4	8.6	
H7	392	*Abices kawakamii*	7.4	14.0	
H7	393	*Abices kawakamii*	3.6	4.5	
H7	394	*Abices kawakamii*	8.6	18.8	
H8	395	*Tsuga chinensis var. formosana*	6.3	19.7	
H8	396	*Abices kawakamii*	5.3	13.4	
H8	397	*Abices kawakamii*			d
H8	398	*Abices kawakamii*	10.5	23.6	
H8	399	*Rhododendron pseudochrysanthum*	2.6	4.1	
H8	399	*Rhododendron pseudochrysanthum*	2.9	6.7	
H8	399	*Rhododendron pseudochrysanthum*	3.9	8.9	
H8	400	*Abices kawakamii*	3.2	5.3	
H8	401	*Abices kawakamii*			d
G8	402	*Abices kawakamii*	7.3	22.9	
G8	403	*Tsuga chinensis var. formosana*	5.5	13.1	
F8	404	*Abices kawakamii*	20.8	52.5	

樣區	編號	植物學名	樹高(M)	胸徑(cm)	狀況
F8	F8	*Abices kawakamii*	20.8	75.8	
E8	E8	*Abices kawakamii*	12.3	31.2	
E8	幼3	*Abices kawakamii*	0.2	0.0	n
D8	D8	*Abices kawakamii*	25.0	75.2	
C8	幼4	*Abices kawakamii*	0.2	0.0	n
C8	C8	*Eurya glaberrima*	3.0	3.0	
B8	405	*Sorbus randaiensis*	4.5	5.7	
B8	405	*Sorbus randaiensis*	4.5	11.8	
B8	405	*Sorbus randaiensis*	4.5	6.8	
B8	406	*Abices kawakamii*	20.0	49.7	
A8	407	*Abices kawakamii*	19.0	40.1	
A8	408	*Abices kawakamii*	10.0	31.8	
A8	A8	*Abices kawakamii*	20.0	64.0	
A9	A9	*Eurya glaberrima*	1.9	2.2	
B9	B9	*Abices kawakamii*	20.3	99.0	
E9	409	*Abices kawakamii*	1.4	0.0	
E9	409	*Abices kawakamii*	1.1	0.0	n
E9	E9	*Abices kawakamii*	25.0	100	
F9	F9	*Abices kawakamii*	21.3	52.0	
G9	410	*Abices kawakamii*	21.8	50.2	
G9	411	*Abices kawakamii*	20.8	53.2	
G9	G9	*Abices kawakamii*	20.8	57.0	
G9	G9	*Abices kawakamii*	18.8	64.0	
H10	H10	*Abices kawakamii*	13.3	40.1	
HG	HG	*Abices kawakamii*	21.3	79.0	
G10	G10	*Abices kawakamii*	21.3	45.0	
E10	E10	*Sorbus randaiensis*	5.5	6.4	
A10	412	*Abices kawakamii*	9.4	23.9	
A10	A10	*Abices kawakamii*	23.4	64.6	

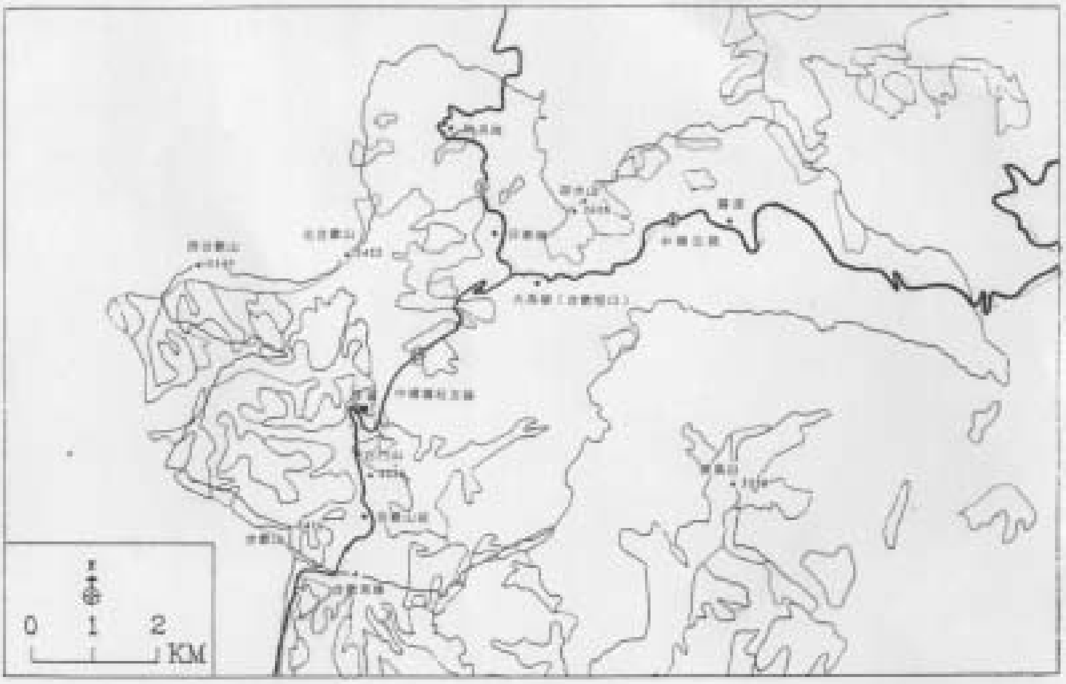


圖1 太魯閣冷杉永久樣區位置圖。本研究區域位於合歡山區，中橫霧社支線（即台十四甲公路）34K處右側，小風口的上方，海拔高度3200公尺之東向坡，平均坡度為33度，樣區面積約2000平方公尺（40X50平方公尺）。圖中亦有標示出合歡山區台灣冷杉與玉山箭竹草原植被分佈的情況（資料來源：楊進忠、張惠珠，1992；曾進豐，1996）。